
UNIVERSITY OF ST. MICHAEL'S COLLEGE
3 1761 01907894 8





Gerald B Phelan
Louvain, 1922.

COSMOLOGIE

ou

Etude philosophique du monde inorganique



COURS DE PHILOSOPHIE

VOLUME VII

COSMOLOGIE

OU

Étude philosophique du monde inorganique

TOME I

Le Mécanisme, le Néo-mécanisme, le Mécanisme dynamique, le Dynamisme et l'Énergétisme

PAR

D. NYS
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Troisième édition, Revue, Remaniée et Augmentée

LOUVAIN
Institut de Philosophie
1, Rue des Flamands, 1

PARIS
Librairie, FÉLIX ALCAN
108, Boulevard St-Germain, 108

1916

LOUVAIN

Imprimerie F. Ceuterick, 60, rue Vital Decoster.

PRÉFACE

La dernière édition de cet ouvrage a paru en 1906. Depuis cette date, les sciences naturelles ont réalisé des progrès inespérés. A la suite de certaines découvertes, entre autres, les rayons cathodiques et la radioactivité de la matière, des théories nouvelles ou à peine ébauchées, telle la théorie électronique, ont pris un développement considérable et semblent même destinées à conquérir les sympathies de la généralité des savants. Mais ces théories qui nous montrent dans l'atome chimique tout un monde de particules où la nature paraît avoir emmagasiné des réserves prodigieuses d'énergie électrique et calorifique, présentent un très vif intérêt pour le cosmologue ; elles touchent aux problèmes les plus délicats de la cosmologie, notamment à celui de l'individualité et de la constitution essentielle des éléments ultimes de la chimie.

En même temps que la matière nous révélait son étonnante complexité et sa non moins étonnante virtualité, le mécanisme traditionnel subissait aussi une évolution importante. Sous l'influence du positivisme, des théories pragmatistes et phénoménalistes, il se dépouillait peu à peu de son caractère dogmatique et métaphysique pour revêtir une forme plus adaptée à l'esprit général des sciences. Il devint phénoménaliste, et sous le nom de néo-mécanisme il se substitua, chez bon nombre de physiciens, au mécanisme cartésien.

De son côté, l'énergétique qui peut se réclamer des plus beaux noms de la science actuelle, orientait la théorie scientifique dans une voie tout opposée. Indifférente, en principe, à toutes les questions qui regardent la nature intime de la matière et de ses phénomènes, adversaire décidée de toute hypothèse, respectueuse de toutes les données expérimentales, elle semblait devoir rester complètement étrangère aux spéculations d'ordre métaphysique. Malheureusement, cette précieuse méthode scientifique subissait chez plusieurs de ses partisans des déviations graves qui l'ont conduite au monisme, au phénoménalisme, et même à la suppression de la matière, autant de doctrines dont la cosmologie ne peut se désintéresser.

Le champ de la philosophie de la nature, déjà si vaste, s'est donc considérablement élargi.

Pour accorder à ces doctrines et théories nouvelles la place qui leur convient, nous avons cru nécessaire de répartir en deux volumes la matière cosmologique.

Le premier volume est consacré à l'exposé et à l'étude des systèmes autres que la théorie scolastique ; il comprend d'abord les formes diverses du mécanisme : le mécanisme traditionnel ou cartésien, le néo-mécanisme et le mécanisme dynamique ; ensuite, le dynamisme pur et l'énergétique qui s'y rattache.

L'examen détaillé de ces systèmes nous montrera la part de vérité et d'erreur qu'ils contiennent ; et en recueillant au cours de la route les éléments épars qui nous paraîtront comme autant d'expressions fragmentées de la vérité, nous arriverons à une conception synthétique de la matière où se retrouveront, croyons-nous, les données fondamentales de la théorie scolastique.

Le présent volume se présentera de la sorte comme une introduction, une sorte d'initiation tirée des faits eux-mêmes, au système aristotélicien.

A raison de son importance, du nombre et de l'ampleur des problèmes qu'il soulève, le système aristotélicien ou scolastique sera l'objet d'un volume spécial.

D'ailleurs, cette dernière partie de notre travail a reçu, elle aussi, des modifications importantes. Nous y avons ajouté une étude développée des forces physico-chimiques, des lois naturelles et des principes scientifiques, ainsi qu'un chapitre nouveau relatif au mixte inorganique. La doctrine du mixte ayant été remise en question à la suite des progrès des sciences, il était nécessaire de faire connaître les opinions actuelles des cosmologues sur ce problème, les faits dont chacun se réclame, les conclusions qui paraissent jaillir du débat.

D. Nys.

AVANT-PROPOS

La constitution physique de la matière d'après les physiciens modernes

Bien que la cosmologie se différencie par sa méthode et son but des sciences naturelles, elle s'en montre cependant tributaire dans une large mesure. Elle est une métaphysique, mais en continuité avec les sciences physiques. Sans doute, elle s'intéresse surtout aux *faits* scientifiques, mais elle ne saurait rester indifférente à l'égard de ces *théories* qui, à une époque donnée, semblent dominer tout le domaine de la science.

Parmi ces théories dont les promesses d'avenir paraissent exceptionnelles, au moins s'il faut en croire la plupart des physiciens, nous devons signaler la théorie électronique.

Avant d'aborder l'étude philosophiqne du monde minéral, nous exposerons donc sous forme d'introduction, les idées des physiciens modernes sur la constitution *physique* de la matière.

Au surplus, grâce à cet exposé préliminaire, le lecteur pourra comprendre, sans peine, le résumé forcément très succinct que nous aurons à faire parfois, au cours de ce traité, de certains faits et hypothèses relatifs à la théorie régnante.

ARTICLE PREMIER

La réalité de l'atome chimique

1. L'atome est-il une réalité ? — Depuis plus d'un demi siècle la théorie atomique occupe une place considérable dans les sciences naturelles. Pour tous les chimistes et physiciens actuels, le corps simple est un agrégat d'atomes, c'est-à-dire de particules *chimiquement* insécables, d'une petitesse inimaginable, dépositaires cependant des propriétés caractéristiques du corps que ces particules représentent. En un mot, les atomes constituent les vraies individualités chimiques du corps simple.

Quant au composé, on le considère comme le résultat de la combinaison des atomes de plusieurs corps simples, en sorte que toutes les propriétés de la matière sont censées tirer leur origine immédiate ou lointaine des masses atomiques.

On comprend dès lors le grand intérêt qui s'attache, dans la chimie moderne, à l'étude des caractères distinctifs de ces unités élémentaires, notamment du poids atomique, de l'affinité, de l'atomicité ou valence. A l'heure présente, ces diverses questions dominent encore la chimie théorique et se trouvent au premier plan des recherches scientifiques.

Malgré les immenses services rendus à la science par la théorie atomique, l'atome était resté, jusqu'en ces dernières années, une entité hypothétique. L'hypothèse se conciliait avec un nombre considérable de faits, elle en donnait une explication simple et commode, mais on n'était point parvenu à prouver d'une manière décisive l'existence des masses atomiques, moins encore à en exprimer la grandeur absolue. Les sciences semblent avoir résolu récemment ce délicat

problème et assuré le triomphe définitif de la doctrine atomistique. Plus de treize méthodes différentes ont été employées pour la détermination des grandeurs moléculaires. Souvent même les phénomènes observés sont complètement indépendants les uns des autres ; tels sont, par exemple, la viscosité des gaz, le mouvement brownien, la radioactivité de la matière, le bleu du ciel, le spectre du corps noir. Or, ces procédés si divers donnent des résultats si concordants, qu'il serait téméraire de ne pas y voir l'expression de la réalité.

« On est saisi d'admiration, écrit Perrin, devant le miracle de concordances aussi précises, à partir de phénomènes si différents. Qu'on retrouve la même grandeur, d'abord à l'intérieur de chacune des méthodes, en variant autant que possible les conditions d'expérience, et que les nombres ainsi définis sans ambiguïté par ces diverses méthodes coïncident, cela donne à la réalité moléculaire autant de certitude qu'en peuvent avoir les principes de la thermodynamique » [1]). « La théorie atomique a triomphé, dit-il encore. Nombreux naguère, ses adversaires enfin conquis renoncent l'un après l'autre aux défiances qui longtemps furent légitimes et sans doute utiles. C'est au sujet d'autres idées que se poursuivra désormais le conflit des instincts de prudence et d'audace dont l'équilibre est nécessaire au lent progrès de la science humaine » [2]).

H. Poincaré, dont on connaît l'esprit critique et la prudente réserve, n'est pas moins catégorique. « Les anciennes hypothèses mécanistes et atomistes ont pris, dit-il, dans ces derniers temps, assez de consistance pour cesser presque de nous apparaître comme des hypothèses ; les atomes ne sont plus une fiction commode ; il nous semble que nous les

[1]) Perrin, *Les preuves de la réalité moléculaire,* p. 52 (Les idées modernes sur la constitution de la matière). Paris, Alcan, 1913.

[2]) Perrin, *Les atomes,* p. 295, Paris, Alcan, 1913.

voyons, depuis que nous savons les compter... l'atome du chimiste est maintenant une réalité »[1]).

Enfin, citons encore l'opinion d'un physicien de marque. « A aucun moment de l'histoire de la physique, écrit M. Bloch, les idées atomistiques n'ont joui d'une pareille faveur. La théorie atomique... de la matière, vieille de bien des siècles, est aussi la plus solide et ne nous semble plus susceptible aujourd'hui que de retouches de détail »[2]).

A nous en tenir aux témoignages des physiciens modernes et plus encore à la concordance irrécusable de leurs preuves, l'existence des atomes, leur nombre, la détermination de leur poids absolu et de leur grandeur, s'imposent comme autant de faits définitivement acquis à la science.

[1]) HENRI POINCARÉ, *Les rapports de la matière et de l'éther*, pp. 357-359 (Les idées modernes). Paris, Alcan, 1913.

[2]) E. BLOCH, *La théorie électronique des métaux*, p. 148 (op. cit.), Paris, Alcan, 1913.

ARTICLE II

La constitution de l'atome chimique

2. L'atome a une structure complexe. La théorie électronique. — Mais ces masses atomiques dont la petitesse défie les plus puissantes imaginations, constituent-elles les éléments ultimes de la matière ?

On serait tenté de le croire, quand on pense que, d'après les mesures les plus exactes, un centimètre cube d'air, pris dans les conditions normales, c'est-à-dire à la température de zéro degré et sous la pression d'une colonne de mercure de 76 centimètres de hauteur, contient trente milliards de milliards de molécules [1]). Cependant, il n'en est rien, au moins s'il faut souscrire à la théorie électronique actuellement régnante en physique.

D'après l'hypothèse de Lorentz, l'atome chimique forme lui-même tout un monde. On peut le considérer comme une sorte de système solaire, où de petits électrons négatifs jouent le rôle de planètes gravitant autour d'un gros électron positif qui joue le rôle d'un soleil central [2]). En d'autres termes, la partie centrale ou le noyau de l'atome chimique est chargée d'électricité positive ; c'est la partie la plus considérable de l'édifice atomique. Autour de ce noyau, mais à titre d'éléments constitutifs de l'atome, gravitent avec des vitesses énormes les petits atomes d'électricité négative, appelés électrons [3]). Le nombre des corpuscules négatifs

[1]) PERRIN, *Les atomes*, p. 118. Paris, Alcan, 1913.

[2]) H. POINCARÉ, *Les rapports de la matière et de l'éther*, p. 360 (op. cit.). Paris, Alcan, 1913. — LUCIEN POINCARÉ, *La physique moderne, son évolution*, p. 289. Paris, Flammarion, 1909.

[3]) Notons que, pour l'*école anglaise*, l'atome neutre devient un ion positif (mono ou plurivalent) quand il est privé d'un ou de plusieurs électrons

qui entourent la partie centrale positive est considérable. « Les atomes, à l'état normal électriquement neutre, contiennent, dit M. Langevin, un nombre déterminé de corpuscules cathodiques (négatifs) ;... ce nombre est proportionnel ou peut même être égal à la masse atomique correspondante, celle de l'atome d'hydrogène étant prise comme unité » [1]). L'atome d'hydrogène qui en possède le moins, parce qu'il est le plus petit, en contient probablement plus de 1800. Celui d'uranium et de radium qui ont un poids atomique très élevé, en renferme certainement plusieurs centaines de milliers.

C'est l'attraction mutuelle du noyau positif et des électrons négatifs qui maintient la cohésion du système atomique et en fait un tout, c'est-à-dire un atome chimique neutre, assez stable, malgré sa complexité, pour demeurer intact dans les réactions chimiques ordinaires [2]). Telle est aussi la raison pour laquelle l'atome doit contenir une quantité de charges positives équivalente ou à peu près à la charge totale des électrons négatifs qu'il renferme à l'état normal.

Parmi les électrons négatifs qui forment l'atmosphère immédiate du centre atomique positif, il en est qui n'ont pas avec lui une liaison très étroite et peuvent même en être séparés sans que les propriétés de l'atome chimique soient modifiées. Les électrons dont les vibrations jouent un rôle dans l'émission et l'absorption de la chaleur et de la lumière sont probablement de cette nature. La propriété que possèdent les métaux de conduire si facilement à travers leur masse la cha-

négatifs, et qu'un atome neutre devient un ion négatif (mono ou plurivalent) quand il reçoit un ou plusieurs électrons négatifs. Cfr. RAMSAY, *La chimie moderne*, 1re partie, pp. 55-58. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

D'après l'*école allemande*, l'atome matériel est simplement un système d'électrons positifs et négatifs. Cfr. MANVILLE, *Les découvertes modernes en physique*, p. 187. Paris, Hermann, 1909.

[1]) LANGEVIN, *Les grains d'électricité*, pp. 64-65 (op. cit). Paris, Alcan, 1913.

[2]) PÉCHEUX, *Détermination des poids atomiques et des poids moléculaires*, p. 1. Paris, Delagrave, 1913.

leur et l'électricité est due à la présence d'électrons négatifs libres ou du moins très aisément séparables des atomes métalliques [1]).

Mais à côté de ces électrons que nous appellerions volontiers *accidentels,* il en est d'autres qui ont avec l'atome chimique une liaison beaucoup plus intime ; ils constituent une partie *essentielle* de l'individualité atomique, à tel point que leur séparation de l'atome entraîne pour celui-ci un changement de nature ou d'espèce.

Un premier fait à relever dans la théorie électronique est donc la structure complexe de l'atome.

3. Faits qui révèlent la complexité de l'atome chimique. — Cette complexité est bien mise en lumière dans un phénomène étrange connu sous le nom de *radioactivité.*

Pour des causes encore inconnues, l'équilibre interne du petit édifice atomique se brise ; les corpuscules essentiels positifs ou négatifs sont projetés dans l'espace et l'atome lui-même se trouve désagrégé. « Les corps radioactifs, écrit Mme Curie, doivent être considérés surtout comme des sources de projectiles, lancés à la suite de cataclysmes internes, analogues à des explosions, qui entraînent la destruction de l'édifice atomique. Ces projectiles représentent les fragments d'atomes résultant de la transformation ; ils possèdent, au moment de celle ci, des vitesses plus ou moins grandes qui leur permettent de s'éloigner de leur point de départ à des distances plus ou moins importantes » [2]).

Que l'atome chimique ait lui-même une structure compliquée, qu'il se compose d'un nombre de corpuscules doués d'un caractère électrique, l'expérience, dit-on, nous en donne

[1]) E. Bloch, *La théorie électronique des métaux,* p. 150 (Les idées modernes). Paris, Alcan, 1913. — Langevin, *Les grains d'électricité,* p. 67.

[2]) Mme Curie, *Sur les rayonnements des corps radioactifs,* p. 273 (op. cit.). Paris, Alcan, 1913.

des preuves péremptoires. « Nous avons admis, écrit encore Mme Curie, que les rayons corpusculaires des substances radioactives résultent de la fragmentation d'atomes. C'est là, non plus une hypothèse, mais un fait expérimentalement établi, servant de base à la théorie actuelle des phénomènes radioactifs, théorie de désintégration atomique » [1]).

Bien avant les faits récents qui ont confirmé en tous points les prévisions des physiciens et levé les derniers doutes, Lucien Poincaré ne craignait pas d'affirmer qu'au point de vue scientifique, l'hypothèse de la complexité atomique était la véritable hypothèse explicative de la radioactivité. « Les physiciens les plus prudents et les plus respectueux des principes établis, dit-il, peuvent, sans aucun scrupule, admettre l'explication de la radioactivité du radium par une dislocation de son édifice moléculaire... Il n'est plus guère de physicien qui n'adopte aujourd'hui sous une forme ou sous une autre l'hypothèse balistique ; tous les faits nouveaux viennent, grâce à elle, si heureusement se condenser, qu'elle satisfait de plus en plus notre esprit ; on ne saurait toutefois affirmer — bon nombre de faits nouveaux lui étaient alors inconnus — qu'elle s'impose d'une manière absolue » [2]).

D'ailleurs, depuis longtemps déjà, la structure extrêmement complexe des spectres d'émission des atomes chimiques avait fait supposer que les atomes d'un élément ne sont pas des points matériels, mais des ensembles très compliqués [3]).

Sans doute, la radioactivité qui nous a surtout révélé la désintégration réelle des masses atomiques et, par suite, le degré de complexité de leur édifice, la radioactivité, disons-

[1]) Mme Curie, *op. cit.*, p. 275. — Cfr. Bouty, *La vérité scientifique*, p. 28. Paris, Flammarion, 1913.

[2]) Lucien Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, pp. 275-277. Paris, Flammarion, 1909.

[3]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie. Propriétés générales des corps — atome et molécule, p. 473. Paris, Hermann, 1911. — Delbet, *La science et la réalité*, p. 329. Paris, Flammarion, 1913.

nous, n'existe pas au même degré chez toutes les espèces chimiques. Bien plus, quoi qu'en pense M. Le Bon [1]), il n'est pas encore prouvé expérimentalement que tous les corps simples présentent ce phénomène [2]). Cependant, « il est très possible que la radioactivité soit une propriété générale de la matière, mais que, pour un grand nombre d'éléments, la vitesse de transformation soit trop faible pour qu'on puisse mettre en évidence la radioactivité qui en résulte, à l'aide des méthodes qui ont été suivies jusqu'ici » [3]).

Au surplus, les exceptions plus ou moins nombreuses à la loi commune n'infirmeraient en rien l'hypothèse de la complexité atomique. Outre la radioactivité réfractaire à toute influence du dehors, il y a d'autres moyens d'obtenir la désintégration ou l'émiettement des atomes. On sait, en effet, que, sous diverses influences, soit dans la décharge disruptive, soit sous l'action d'une radiation lumineuse ou ultraviolette, ou d'une élévation de température, les métaux peuvent émettre des électrons négatifs. Et puisqu'il est possible d'en faire sortir de tous les atomes matériels, il est permis d'étendre à tous les atomes l'hypothèse qui leur attribue une constitution complexe [4]).

Mais si le fait de la complexité de l'atome des chimistes peut prendre place parmi les données acquises à la science, l'étude de l'édifice atomique est loin d'être achevée. La structure intime des pièces qui le constituent, les lois qui régissent leurs mouvements à l'intérieur de l'atome sont autant de problèmes à résoudre [5]). Comme le dit H. Poincaré, l'atome

1) Le Bon, *L'évolution de la matière*, p. 10. Paris, Flammarion, 1912.

2) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 396. Paris, Hermann, 1911.

3) Debierne, *Sur les transformations radioactives*, p. 322 (Les idées modernes). Paris, Alcan, 1913.

4) Langevin, *Les grains d'électricité*, p. 59 (Les idées modernes), Paris, Alcan, 1913.

5) Langevin, *op. cit.*, p. 103.

est un monde, mais un monde fermé, au tout ou moins presque fermé ; nous ignorons à peu près complètement ce qui se passe au dedans [1]).

Heureusement, les fragments atomiques, mis en liberté par la dislocation de l'atome, se prêtent davantage à l'expérimentation, et leur nature a pu être établie dans un grand nombre de cas, bien qu'elle laisse subsister encore un vaste champ d'études.

4. Quels sont les constituants atomiques dont on a observé la séparation, dans les phénomènes radioactifs ? — Ils se divisent en trois catégories qu'on désigne d'ordinaire par les lettres grecques α, β, γ.

1° Le rayonnement β se caractérise par l'émission de particules, appelées électrons négatifs. Ces particules portent chacune une charge minima d'électricité négative et constituent de vrais atomes d'électricité. Les plus rapides sont douées d'une vitesse voisine de celle de la lumière, et possèdent un pouvoir de pénétration considérable, qui leur permet de traverser, par exemple, une lame d'aluminium de 7 millimètres d'épaisseur. Un de leurs caractères les plus intéressants est l'invariabilité de leur charge électrique et leur identité essentielle, quelle que soit leur origine, quelles que soient les circonstances où elles prennent naissance. Leur masse est une fonction croissante de la vitesse : elle est sensiblement constante pour des vitesses qui ne dépassent pas 60 à 80 kilomètres à la seconde. Au delà, elle croît assez rapidement et deviendrait même infinie si les corpuscules pouvaient atteindre la vitesse de la lumière. Dans l'état actuel de la science, ces corpuscules représentent les derniers degrés d'atténuation de la matière ; pour des vitesses faibles, leur masse est environ 1800 fois plus petite que celle d'un atome d'hydrogène, et

[1]) H. Poincaré, *Les rapports de la matière et de l'éther*, p. 363.

même pour des vitesses relativement considérables atteignant les 9/10 de la vitesse de la lumière, cette masse reste encore très petite par rapport à l'atome d'hydrogène.

2° Les rayons α sont formés de particules chargées positivement. En fait, ces corpuscules α ne sont autre chose que des atomes d'hélium porteurs de deux électrons positifs ; leur quantité d'électricité positive est donc double de la charge élémentaire. L'identité des particules α avec des atomes d'hélium chargés a été l'objet d'une vérification directe. Il a été prouvé, en effet, qu'une paroi matérielle, qui avait reçu et absorbé des rayons α, dégageait ensuite le gaz hélium qui y avait pénétré, grâce à la grande vitesse de ses atomes [1]).

On distingue actuellement plus de 20 groupes de rayons α identiques au point de vue de la nature de leurs particules, mais différents par leur vitesse d'émission et leur parcours, c'est-à-dire, la distance déterminée qu'ils peuvent parcourir dans l'air sous la pression atmosphérique.

L'émission d'atomes d'hélium par les corps radioactifs est un fait expérimental très important et parfaitement démontré, écrit M[me] Curie. « Le grand nombre de transformations radioactives accompagnées de l'émission d'une particule α et d'une seule généralement, semble prouver que l'atome d'hélium est un des constituants simples de l'édifice atomique, au moins pour les atomes radioactifs et probablement pour les atomes en général » [2]). L'atome du radium, dont le poids atomique est 226,5, peut perdre successivement cinq particules α. Chacune de ces séparations détermine un changement notable dans les propriétés de l'atome primitif. Il suffit, en effet, à l'atome du radium, qui a sa place naturelle dans cette famille de corps si énergiques, appelés alcalino-terreux, de perdre une seule par-

[1]) Rutherford et Royds, *Le Radium* (1909), p. 47. — *Les progrès de la chimie en 1912*, p. 353. Paris, Hermann, 1913.

[2]) M[me] Curie, *Sur les rayonnements des corps radioactifs*, p. 276.

ticule α pour se transformer en un atome d'émanation, corps inerte, insensible aux plus puissants réactifs chimiques. Si le même atome de radium perd quatre particules α, il devient un atome de polonium, corps radioactif très différent de l'atome de radium qui lui a donné naissance. Le même phénomène se rencontre chez d'autres éléments radioactifs, notamment, chez le thorium, l'uranium et l'actinium. Partout le départ d'une ou plusieurs particules α modifie les caractères du corps dont proviennent ces particules.

On est donc autorisé à conclure que ces corpuscules α ou atomes d'hélium, dont le poids atomique est 4, jouent un grand rôle dans la constitution de l'atome chimique [1]).

3° Les émissions de particules α et β, dont il vient d'être question, constituent les phénomènes primaires de la radioactivité. Mais on trouve aussi, dans le rayonnement, des particules beaucoup plus grosses résultant des transformations successives subies par les éléments primaires : l'uranium, le thorium et l'actinium. Au cours de ces transformations, deux cas peuvent se présenter. Il arrive qu'une particule α se trouve lancée dans l'espace avec une très grande vitesse, tandis que l'atome résiduel, soumis à un mouvement de recul, est lancé en sens inverse avec une vitesse beaucoup moins grande. Dans cette explosion, l'atome chimique est brisé en deux fragments : l'un est relativement petit, c'est l'atome d'hélium qui constitue le rayonnement α. L'autre est la partie restante de l'atome primitif. D'ordinaire, elle est beaucoup plus grosse que l'atome d'hélium et chargée d'électricité positive ; elle forme l'atome d'une espèce chimique nouvelle, telle l'émanation, le polonium, etc. Grâce au mouvement de recul qui lui a été imprimé par l'émission de la particule α, elle peut donner lieu à un rayonnement spécial.

Dans d'autres cas, les transformations s'accompagnent non

[1]) Mme Curie, *op. cit.*, p. 276.

plus d'une émission de rayons α mais bien de rayons β chargés d'électricité négative. L'atome radioactif, en perdant un de ses électrons négatifs dont la masse est presque inappréciable, voit se modifier ses caractères distinctifs, mais conserve son poids atomique. L'émission de cette particule β imprime aussi à l'atome résiduel positif un mouvement de recul peu rapide.

En résumé, ces deux sortes de rayonnement sont la conséquence de l'émission des particules β et α ; ils comprennent des atomes divers, de grande masse, chargés positivement [1]).

4° Enfin, on distingue dans le rayonnement total de la matière, une espèce de rayons, appelés rayons γ. Ils ne présentent pas de caractère électrique, et ne sont point déviés par les aimants. Ils se signalent aussi par leur grande vitesse qui leur donne un pouvoir pénétrant considérable ; ils peuvent même traverser une lame de métal de 20 ou 30 centimètres d'épaisseur.

Ces rayons sont-ils réellement corpusculaires, c'est-à-dire formés de projectiles enlevés aux atomes et lancés dans l'espace ?

La plupart des physiciens les regardent plutôt comme une perturbation électromagnétique produite dans l'éther par un changement de vitesse des rayons β, au moment où ceux-ci sortent de l'atome chimique. Ils ne constitueraient donc pas un phénomène primaire dans le fait de la radioactivité, mais un effet du rayonnement β [2]). Au surplus, leur énergie ne compte que quelques pour cent dans l'énergie du rayonnement total.

5. **Radioactivité et rayons cathodiques.** — Des rayonnements analogues à ceux qu'on découvre dans la radioactivité spontanée de la matière se produisent dans les

[1]) Mme Curie, *op. cit.*, pp. 276-277.

[2]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 472. Paris, Hermann, 1911. — Mme Curie, *loc. cit.*, p. 277. — Righi, *La nature des rayons X* (*Scientia*, 15e vol. n° 33-1, pp. 30-39, 1914).

ampoules à vide de Crookes. Lorsqu'on fait passer des décharges électriques dans l'atmosphère suffisamment raréfiée d'une ampoule de verre munie de deux électrodes, l'une négative, la cathode, l'autre positive, l'anode, il se produit à la cathode une émission de rayons dits *cathodiques*, déviables à l'approche d'un aimant et reconnaissables à la lumière qu'ils excitent en frappant diverses substances. Ces rayons cathodiques sont constitués de particules matérielles, électrisées négativement, douées d'une masse qui est approximativement la 1800[e] partie de la masse atomique de l'hydrogène électrolytique. Quel que soit le corps gazeux raréfié soumis à cette expérience, les corpuscules des rayons cathodiques ont toujours, pour de faibles vitesses, la même masse et la même charge constante d'électricité négative. Ces premiers produits de la désintégration atomique sont donc indépendants de la nature de la substance.

Il se forme aussi dans l'ampoule de Crookes une seconde espèce de rayons désignés sous le nom de rayons X ou Röntgen. Ces rayons prennent naissance lorsque les rayons cathodiques rencontrent un obstacle. Ils se propagent en ligne droite sans se réfracter, sans se polariser et restent insensibles à l'action d'un aimant. Ils ne transportent pas de charge électrique, mais possèdent le pouvoir de traverser des corps opaques.

Enfin l'ampoule de Crookes donne lieu à la production d'une troisième sorte de rayons dont les particules sont chargées d'électricité positive ; on les appelle les rayons-canaux.

Entre ces trois sortes de rayons obtenus par des décharges électriques dans les conditions indiquées plus haut et les trois espèces de rayons découverts dans les phénomènes de radioactivité spontanée, il n'y a pas de différence essentielle. Les rayons β sont des électrons négatifs en mouvement comme les rayons cathodiques ; leurs particules constitutives sont les mêmes, avec cette différence que la vitesse des premiers est d'ordinaire beaucoup plus grande que celle des seconds, bien

qu'on puisse rencontrer entre les deux sortes de rayons toutes les vitesses intermédiaires.

Les rayons α et les autres atomes projetés avec une charge positive sont analogues aux rayons-canaux, avec cette même différence que ces derniers ont une vitesse et une énergie beaucoup moins grandes que les premiers.

Enfin les rayons γ possèdent les propriétés des rayons Röntgen. La principale différence à établir entre eux est une différence de vitesse et de pouvoir pénétrant. Les rayons Röntgen ne traversent guère un millimètre de plomb, tandis que les autres traversent aisément des lames de 20 centimètres de métal [1]).

6. Quelles sont les substances radioactives actuellement connues ? Quelles sont les substances mères d'où elles dérivent ? — La radioactivité, entraînant avec elle une certaine dislocation de l'atome, doit naturellement donner naissance à des corps nouveaux.

On connaît, à l'heure présente, une trentaine d'éléments nouveaux issus de la fragmentation des masses atomiques par la radioactivité de la matière. On les distribue en trois familles caractérisées chacune par leur substance mère. Dans chaque famille les substances dérivent les unes des autres à la suite de transformations successives, et chacune de ces substances doit être considérée comme un élément chimique distinct. Chacune d'elles émet une ou plusieurs espèces de rayons déterminés et possède une vie moyenne caractéristique. On entend par vie moyenne le temps nécessaire pour que la moitié de la substance considérée soit transformée en une autre substance.

Une première famille dérive de la substance mère appelée

[1]) Mme Curie, *Sur les rayonnements des corps radioactifs*, p. 278. — Nernst, *op. cit.*, p. 472. — Cf. A. Righi, *La nature des rayons X (Scientia*, B. 15, N° 33-1, pp. 30-39, 1914).

uranium. Les descendants de l'uranium s'étendent jusqu'au polonium en passant par le radium.

Une seconde famille a pour souche le thorium et comprend toutes les espèces de thorium jusqu'au thorium D. Une troisième se rattache à l'actinium, mais on discute actuellement la question de savoir si l'actinium ne dérive pas lui-même de l'uranium. Si cette hypothèse, qui ne peut encore se réclamer d'aucune preuve expérimentale, devait se vérifier, il n'y aurait en réalité que deux familles se rattachant aux substances mères uranium et thorium.

Voici, d'après différents auteurs [1]), le tableau des corps radioactifs, avec l'indication de leur vie moyenne et de la nature de leur rayonnement.

I. — Famille de l'Uranium

	Rayonnement	Vie moyenne
Uranium	α	60 millions de siècles (?).
Radio-uranium	α	(?).
Uranium X	β γ	24,6 jours.
Ionium	α	300 siècles (?).
Radium	α β	2000 ans (?).
Emanation du radium	α	3,85 jours.
Radium A	α	3 minutes.
Radium B	β	26,7 minutes.
Radium C	β γ	19,5 minutes.
Radium D	β	15 ans.
Radium E	β	4,8 jours.
Radium F (polonium)	α	140 jours.

[1]) Debierne, *Sur les transformations radioactives*, p. 311 (Les idées modernes), Paris, Alcan, 1913. — Cfr. aussi le tableau des corps radioactifs donné par Corvisy, traducteur (Nernst, *Traité de chimie générale*, 2e partie, pp. 394-395, Paris, Hermann, 1912). — Cfr. Houllevigue, *La matière, sa vie et ses transformations*, pp. 107-108, Paris, Colin, 1913. — Mme Curie, *Les radio-éléments et leur classification* (*Revue du mois*, 10 juillet 1914, p. 41).

II. — Famille du Thorium

	Rayonnement	Vie moyenne
Thorium	α	300 millions de siècles (?).
Mésothorium 1		5,5 ans.
Mésothorium 2	β γ	6,2 heures.
Radio-thorium	α	2 ans.
Thorium X	α β	3,6 jours.
Emanation du thorium	α	53 secondes.
Thorium A	α	10,6 heures.
Thorium B	β	56 minutes.
Thorium C	α	quelques secondes.
Thorium D	β γ	3,1 minutes.

III. — Famille de l'Actinium

Actinium	?	(?).
Radio-actinium	α β	19,5 jours.
Actinium X	α	10,5 jours.
Emanation de l'actinium	α	3,9 secondes.
Actinium A	α	0,002 seconde.
Actinium B	β	52,1 minutes.
Actinium C	α	2,15 minutes.
Actinium D	β γ	5,1 minutes.

IV. — Éléments non classés

Potassium	β	Vie moyenne inconnue, mais très supérieure à celle du thorium.
Rubidium	β	

Pour se rendre compte de ce tableau, il faut se rappeler que les transformations radioactives se répartissent en deux classes : les unes se font avec émission de particules α qui ont la grandeur de l'atome d'hélium ; les autres ont lieu sans émission de particules α. Dans toutes les transformations de la première catégorie, le poids atomique de l'atome résiduel

est plus petit que celui de l'atome primitif et la diminution doit être égale au poids atomique de l'hélium ou à un multiple exact de ce poids. Au contraire, il n'y a pas de changement de poids si l'émission ne comporte que des particules β ou des rayons γ.

En examinant la nature du rayonnement propre à chaque substance radioactive d'une famille donnée, on peut donc déduire le poids atomique de ces différentes substances du poids atomique de la substance mère. Dans la série uranium-radium, on trouve en effet que l'uranium a pour poids atomique 238,5 et le radium 226,5. Il existe donc entre ces deux corps une différence de 12 unités, ce qui représente 3 particules α ou trois atomes d'hélium dont le poids atomique est 4. Or l'expérience confirme en tous points cette déduction, car l'uranium émet deux particules α et l'ionium en émet une seule [1]).

Veut-on appliquer la même règle aux corps dérivés du radium, on trouve, en partant du radium dont le poids atomique est 226,5, les poids suivants : Emanation 222,5 (premier dérivé du radium par perte d'une particule α), ce qui est conforme à l'expérience; radium A 218,5; radium B 214,5; radium C 214,5; radium D 210,5; radium E 210,5; polonium 210,5; et un terme inconnu 206,5 qui est sensiblement le poids atomique du Plomb. Or une expérience entreprise à ce sujet semble prouver que ce dernier terme est bien du plomb [2]).

On remarque que, parmi les termes de cette famille, plusieurs possèdent le même poids atomique. Chacun d'eux dérive de celui qui le précède à la suite d'un rayonnement β ou γ qui ne modifie que les propriétés de l'atome. Ces corps sont donc des isomères.

[1]) Debierne, *Sur les transformations radioactives*, p. 316.
[2]) Debierne, *op. cit.*, p. 316.

7. Quels sont les caractères généraux de la radioactivité? — Les transformations radioactives étudiées jusqu'à présent, d'une manière complète, sont toutes unilatérales : une substance active ne se transforme que d'une seule manière et ne donne naissance qu'à une seule espèce de matière. Mais il n'est nullement impossible qu'un corps radioactif subisse une désintégration atomique en deux directions différentes. A en croire certains physiciens, il paraît que tel serait le cas du radium C; ce corps engendrerait, à la suite de son rayonnement, le radium C et le radium D. D'après d'autres, l'actinium lui-même tirerait son origine de l'uranium au même titre que l'uranium X [1]).

En second lieu, les transformations radioactives ne sont pas, bien qu'on leur donne souvent ce nom, de vraies transmutations d'éléments. « Les résultats de nombreux et pénibles travaux de laboratoire, nous ont appris, écrit Nernst, qu'il est impossible de transformer l'un en l'autre des poids égaux de matière, de nature différente. » Cette loi de non-transmutabilité reste toujours vraie [2]). Aucun des corps, produits par la radioactivité, ne résulte de la transformation pure et simple d'une substance antérieure, mais bien d'une division, d'une désintégration atomique qui donne lieu à plusieurs substances. Le radium, par exemple, ne devient pas simplement de l'émanation ; mais il se décompose en deux substances : l'hélium qui constitue la particule α émise par rayonnement, et l'émanation ou le niton qui est la partie restante du radium allégé de sa particule α.

De plus, la formation des corps radioactifs se fait par la désintégration atomique progressive de la substance mère ; celle-ci se simplifie par la perte successive d'éléments internes et constitutifs, mais aucun corps de cette échelle de simplification ne peut redevenir le corps dont il provient. Ainsi

[1]) *Les progrès de la chimie en 1912*, pp. 376-377. Paris, Hermann, 1913.
[2]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 8. Paris, Hermann, 1911.

l'uranium 238,5 devient du radium 226,5 ; celui-ci devient de l'émanation 222,5 et finalement du polonium 210,5. Jamais le polonium ne se transforme en émanation, ni celle-ci en radium. En un mot, la radioactivité engendre des atomes légers aux dépens d'atomes lourds, et comme le dit M. Perrin : « Si le phénomène inverse est possible, si les atomes lourds se régénèrent, ce doit être au centre des astres, où la température et la pression devenues colossales favorisent la pénétration réciproque des noyaux atomiques en même temps que l'absorption d'énergie » [1]).

En troisième lieu, la désintégration atomique causée par la radioactivité semble se différencier profondément des décompositions chimiques ordinaires. La chaleur, la lumière, un champ magnétique, une forte condensation ou une dilution considérable de la matière radioactive, c'est-à-dire le bombardement intense ou insignifiant de cette matière par des corpuscules α et β, n'exercent aucune influence sur les transformations radioactives. Aucun de ces agents n'en modifie ni l'intensité ni la vitesse, tandis qu'ils ont une influence souvent très appréciable sur les réactions chimiques [2]).

En quatrième lieu, la radioactivité révèle l'existence dans l'atome d'une somme énorme d'énergie en réserve. C'est à l'atome, en effet, que les corpuscules doivent emprunter cette colossale énergie potentielle qui leur fait parcourir des centaines de milliers de kilomètres à la seconde. Le radium nous en donne un bel exemple. D'après les expériences de Mme Curie et de M. Laborde, la transformation complète d'un gramme de radium produirait un dégagement de chaleur de 3 milliards de calories. Il est certain qu'aucune réaction chimique ordinaire ne dégage pareille quantité de chaleur.

Pour la généralité des physiciens, la radioactivité parait

[1]) Perrin, *Les atomes*, p. 277. Paris, Alcan, 1913.

[2]) Perrin, *op. cit.*, p. 272. — Debierne, *Sur les transformations radioactives*, pp. 323-326.

être aussi une propriété atomique : le corps, qui en est doué, la conserve quel que soit l'élément auquel il est associé. Le radium, par exemple, possède son pouvoir de rayonnement, dans les combinaisons où il est engagé, aussi bien qu'à l'état d'isolement.

Enfin, ajoutons encore que l'électron se montre toujours et partout identique à lui-même, quelles que soient les circonstances où il se manifeste, quelle que soit son origine. C'est toujours la même unité élémentaire ou son multiple que l'on trouve dans les gaz conducteurs, dans les phénomènes d'électrolyse, dans les rayons cathodiques, dans les radiations β des substances radioactives [1]).

8. L'atome chimique et le magnéton. — Suivant une théorie nouvelle, très en vogue actuellement, l'atome chimique ne serait pas seulement constitué d'atomes d'électricité ou électrons ; il comprendrait même des atomes de magnétisme ou magnétons.

Les recherches faites à ce sujet par P. Weiss ont porté sur un grand nombre de corps magnétiques, notamment sur le fer, le cobalt, le nickel, le chrome, le manganèse, le cuivre, le mercure, le vanadium et l'uranium. Or, il résulte de ces travaux que l'atome de chacun de ces corps possède un moment magnétique qui est toujours un multiple exact du moment magnétique élémentaire appelé magnéton. Les masses atomiques d'une espèce donnée possèdent un même nombre de ces unités élémentaires ; les atomes d'espèces chimiques différentes en contiennent des quantités différentes. On a pu constater la présence de onze unités magnétiques dans le fer et trois dans le nickel. Ce nombre, toutefois, n'est pas invariable ; il peut prendre des valeurs diverses pour un même

[1]) Langevin, *Les grains d'électricité*, pp. 58 et suiv. — Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, p. 48. Paris, Gauthier-Villars, 1909. — Rey, *Les fondements objectifs de la notion d'électron (Revue philosophique*, novembre 1913, février et avril, 1914).

atome chimique, d'après les conditions de température ou d'après les combinaisons dont il fait partie. Cependant, même dans ce cas, il existe toujours entre ces valeurs différentes un rapport rationnel et simple, c'est-à-dire un rapport défini entre l'unité et son multiple.

« On peut donc trouver, écrit P. Weiss, entre les moments magnétiques [1]) atomiques d'un même atome d'abord, une partie aliquote commune. On peut s'assurer ensuite que les parties aliquotes de différents atomes sont toutes les mêmes. Ce sous-multiple commun des moments atomiques a été appelé *magnéton*. Si l'on admet, ce qui paraît extrêmement vraisemblable, que ce moment magnétique élémentaire (ou magnéton) réside dans un substrat matériel qui possédera probablement une masse pesante, on peut dire : le magnéton est un élément constituant commun à un grand nombre d'atomes magnétiques et sans doute à tous » [2]).

Les nouvelles recherches très récentes entreprises par A. Picard et Weiss sur des corps paramagnétiques, tels l'oxygène et l'oxyde azotique, sont une nouvelle vérification de la loi des nombres entiers [3]).

La théorie nouvelle possède donc déjà un vaste champ d'application, et l'on se demande à bon droit si elle ne pourrait pas être étendue aux atomes de toutes les espèces chimiques. La réponse n'est pas douteuse pour qui admet l'hypothèse de Ritz, d'après laquelle l'interprétation des lois des spectres en série suppose nécessairement l'existence, dans un même atome, d'aimants identiques, capables de se placer

[1]) « On appelle « moment magnétique » d'un aimant le produit de la grandeur de l'un de ses pôles par leur distance. Lorsqu'un corps possède plusieurs aimants parallèles, le moment magnétique résultant est la somme des moments magnétiques composants. » Cfr. Weiss, *Les moments magnétiques des atomes et le magnéton*, p. 333 (Les idées modernes). Paris, Alcan, 1913.

[2]) Weiss, *Les moments magnétiques des atomes et le magnéton*, p. 354. — Cfr. *Revue générale des Sciences*, 30 janvier 1913, p. 45.

[3]) Weiss, *Le magnéton (Revue générale des Sciences*, 15 janvier 1914, pp. 12-24).

bout à bout. Ces spectres en série se présentent, non seulement dans les atomes magnétiques, mais dans un bon nombre d'atomes diamagnétiques [1]). Dans l'hypothèse où l'élément de Ritz s'identifierait avec le magnéton, il serait donc permis de regarder le magnéton comme un nouveau constituant universel de la matière, partout identique malgré la diversité spécifique des atomes chimiques. D'après les calculs, le magnéton serait plus gros que l'électron, mais beaucoup plus petit que l'atome du chimiste.

La nature de cette nouvelle unité élémentaire est encore très mystérieuse. « Est-il quelque chose de simple ? dit Poincaré. Non, répond-il, si l'on ne veut pas renoncer à l'hypothèse des courants particulaires d'Ampère [2]) ; un magnéton est alors un tourbillon d'électrons, et voilà notre atome qui se complique de plus en plus » [3]). Ampère, on le sait, ramenait les phénomènes magnétiques aux phénomènes électriques. Il admettait que les particules des aimants sont entourées de petits courants circulaires enchevêtrés dans toutes les directions. Pareils courants ne peuvent donner lieu à aucune action électromagnétique. Mais sous l'influence d'un aimant ou d'un courant énergique, ils s'orientent, prennent une position d'équilibre conformément aux lois de l'électrodynamique, et présentent des caractères magnétiques. Si l'on admet cette hypothèse, la théorie nouvelle nous montre sous un jour nouveau la constitution électronique de l'atome chimique.

9. Que faut-il penser de cette théorie ?

A en croire des physiciens de marque, tel H. Poincaré, les rapports numériques découverts par P. Weiss dans l'étude des

[1]) Weiss, *op. cit.*, p. 355.

[2]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 249. Paris, Flammarion, 1909. « L'hypothèse d'Ampère, vieille de près d'un siècle, a subi avec succès l'épreuve du temps. Elle subsistera dans ce qu'elle offre d'essentiel ». — Le Bon, *L'évolution des forces*, p. 130. Paris, Flammarion, 1908.

[3]) H. Poincaré, *Les rapports de la matière et de l'éther*, p. 361.

corps magnétiques ne peuvent être dus au hasard, mais il reste à se demander si l'hypothèse du magnéton est la seule explication possible du fait. Quant à la théorie de Ritz, dont on se réclame pour étendre l'hypothèse de Weiss aux atomes de tous les corps chimiques, le physicien français la trouve artificielle et très audacieuse ; il reconnaît cependant que jusqu'ici elle est la seule théorie explicative de la loi des spectres en série [1]).

10. L'atome chimique et les atomes d'énergie. — Jamais la théorie atomiste ne fut plus en vogue qu'à l'heure présente. Après avoir introduit la discontinuité dans la matière perceptible par nos sens, et donné droit de cité à l'atome du chimiste, elle nous a représenté cet atome lui-même comme un monde très complexe où les électrons et les magnétons jouent un rôle prépondérant. Mais la théorie va plus loin. Non contente de fractionner la matière et de la réduire à ces sous-atomes d'électricité et de magnétisme, elle admet la discontinuité dans l'énergie elle-même. La théorie atomistique de l'énergie, appelée d'ordinaire théorie des *quanta*, fut inventée par Planck pour rendre compte du rayonnement des corps noirs et de la variation des chaleurs spécifiques avec la température. En fait, ces phénomènes soulèvent de grosses difficultés pour qui admet que les échanges d'énergie rayonnante se font toujours par degrés insensibles. A cette conception traditionnelle, Planck substitue l'hypothèse des échanges d'énergie par sauts brusques [2]).

Qu'il s'agisse d'échanges d'énergie entre la matière et l'éther, ou entre la matière ordinaire et les électrons, dont les vibrations engendrent la lumière des corps incandescents, le gain et la perte d'énergie se réalisent d'une manière discon-

[1]) H. Poincaré, *op. cit.*, p. 361.

[2]) Bauer, *Les quantités élémentaires d'énergie* (Les idées modernes), p. 132. Paris, Alcan. 1913. — Perrin, *Les atomes*, pp. 212-218. Paris, Alcan, 1913.

tinue, en sorte qu'un de ces électrons, par exemple, ne peut acquérir une fraction de ce quantum ; c'est le quantum entier qu'il doit recevoir ou rien du tout. Ces oscillateurs doivent donc contenir un nombre entier d'*atomes d'énergie* ou de *grains d'énergie*.

11. Quelle est la valeur de cet atome d'énergie ? Elle dépend, non pas de la nature de l'oscillateur, mais du nombre de vibrations qu'il exécute par seconde. Ou plutôt, cette valeur est proportionnelle à la fréquence d'oscillations ; elle devient dix fois plus grande si cette fréquence elle-même est dix fois plus grande. Pour déterminer la grandeur de ce grain d'énergie, il faut donc multiplier la fréquence ν par une constante universelle h, appelée constante de Planck [1]). Cette constante n'est autre que l'*unité d'action ;* elle exprime le quotient qu'on obtiendrait en divisant la valeur du quantum par la fréquence de vibrations.

12. Opinion des physiciens sur cette théorie. — L'hypothèse de Planck a été appliquée à l'émission des rayons cathodiques sous l'influence de la lumière, à la production des rayons Röntgen par les chocs des rayons cathodiques, à l'émission des rayons γ des corps radioactifs, etc. Partout, elle s'est montrée d'une grande fécondité et les services qu'elle a rendus à la science sont déjà considérables. On lui est même redevable de la solution des grosses difficultés auxquelles se heurtait la théorie cinétique. « La constante de Planck, écrit M. Bauer, doit avoir une signification aussi profonde que la charge électrique de l'électron qui se présente également comme une grandeur invariable » [2]). Mais il ajoute : « La théorie nouvelle est encore obscure et à l'état embryonnaire ».

[1]) Perrin, *Les atomes* — la lumière et les quanta — p. 216. Paris, Alcan, 1913.

[2]) Bauer, *Les quantités élémentaires d'énergie*, p. 147.

Pour M. Bloch « la théorie des *quanta* s'est attaquée à trop peu de phénomènes pour qu'on puisse dès maintenant se rendre un compte exact de son avenir » [1]).

De son côté, H. Poincaré se montre moins optimiste. Sans vouloir amoindrir le réel mérite de la théorie nouvelle, il avoue cependant qu'elle lui paraît hardie et prête le flanc à de nombreuses difficultés. « Dans l'état actuel des sciences, dit-il, nous ne pouvons que constater ces difficultés sans les résoudre » [2]).

[1]) E. BLOCH, *La théorie électronique des métaux*, p. 149 (op. cit.). Paris, Alcan, 1913.

[2]) POINCARÉ, *Les rapports de la matière et de l'éther*, pp. 365-378. — Des critiques plus récentes ont été faites par E. Green. *La radiation naturelle d'un gaz (Revue générale des Sciences*, 15 avril 1914, p. 418).

ARTICLE III

Les propriétés de la matière

13. Le rôle de l'électron. — Les nouvelles découvertes sur la constitution de l'atome devaient naturellement exercer leur influence sur l'explication des propriétés physiques et chimiques de la matière. En réalité, la théorie des électrons est venue compléter la physique électromagnétique. Depuis longtemps déjà les physiciens avaient mis en relief les étroites analogies existantes entre l'électricité et le magnétisme, entre ces deux phénomènes et ceux de la lumière et de la chaleur rayonnante. Le fait que les actions électromagnétiques se propagent avec la vitesse de la lumière, se réfléchissent et se réfractent, ne fut-il pas le point de départ de la théorie électromagnétique des phénomènes luminiques? Actuellement, on le sait, on n'établit plus, entre les ondes de l'éther lumineux et les ondes électromagnétiques, qu'une différence de longueur ou de période, en sorte que si ces dernières avaient leur période un million de fois plus petite, la similitude des deux phénomènes serait à peu près complète.

Mais les rapports entre l'éther et la matière étaient encore obscurs, et les lois des phénomènes qui avaient pour théâtre l'éther et le vide, lois relativement très simples, s'appliquaient difficilement aux milieux matériels. Pour rendre compte des phénomènes optiques et électriques des corps en mouvement, Lorentz émit l'hypothèse de l'universelle présence de l'éther, non seulement dans le vide, mais dans tous les espaces interatomiques et intramoléculaires ; il suppose de plus l'existence, dans tous les milieux matériels, de particules électrisées,

séparées par l'éther et mobiles par rapport à lui [1]). La découverte aujourd'hui confirmée d'électrons constitutifs des atomes chimiques, leur présence constatée dans toute matière, leur aptitude à se répandre dans l'espace avec des vitesses plus ou moins considérables ; tous ces faits établissent naturellement le lien qui unit la matière à l'éther et donnent à la théorie régnante un nouveau crédit. Aussi la tendance actuelle générale de la physique est d'expliquer tous les phénomènes en prenant pour base les propriétés électromagnétiques de l'éther et des particules électrisées qui constituent la matière [2]).

Citons quelques exemples qui élucideront cette pensée.

Si on élève la température d'un métal, la transmission de la chaleur est censée se faire, non par l'intermédiaire des molécules, mais par le choc des électrons avec les molécules elles-mêmes.

Si un métal est soumis à l'influence d'une force électrique, il se manifeste en lui un courant électrique. Quelle en est la cause ? Elle réside dans le mouvement d'électrons libres. Bien que ce mouvement reste une agitation irrégulière, l'orientation des vitesses dans le sens du champ électrique devient prédominante et donne naissance au courant, qui s'établit cependant sans transport de matière.

Dans les gaz et les solutions électrolytiques, ce sont les ions, c'est-à dire des atomes ou fragments de molécules, ou des molécules mêmes, porteurs d'un ou plusieurs électrons qui constituent le courant ou déterminent la conductibilité [3]).

Si un corps est isolant ou ne transmet pas l'électricité, la raison en est que les électrons sont liés aux atomes et les ions à la molécule.

[1]) LANGEVIN, *Les grains d'électricité*, p. 60.

[2]) LANGEVIN, *op. cit.*, p. 61. — H. POINCARÉ, *Science et méthode*, p. 247. Paris, Flammarion, 1909.

[3]) MANVILLE, *Les découvertes modernes en physique*, p. 176. Paris, Hermann, 1909.

La propriété caractéristique des aimants de pouvoir produire un champ magnétique est due à la présence, dans les atomes ou molécules du milieu aimanté, d'électrons qui circulent suivant des orbites fermées.

« La lumière émise par la matière, dit Langevin, nous apparaît comme l'écho lointain des changements continuels de vitesse auxquels sont soumis les grains d'électricité intérieurs à cette matière, soit par suite des chocs perpétuels auxquels donne lieu leur mouvement d'agitation thermique, soit par suite de la nécessité d'incurver leurs trajectoires pour rester à l'intérieur des atomes auxquels ils sont liés » [1]).

C'est encore aux mouvements des particules électrisées que se rattachent les propriétés spectrales, le pouvoir absorbant et émissif de la matière, l'émission des particules cathodiques sous l'influence de la lumière ultraviolette.

La théorie des électrons a donc envahi tous les départements de la physique actuelle ; elle y règne en maîtresse. Il était naturel qu'elle étendît son empire dans le domaine de la chimie. Aussi, beaucoup de chimistes y font appel dans l'interprétation des phénomènes les plus caractéristiques de leur science favorite.

Pour certains, l'électron négatif constitue le lien qui unit entre elles les masses atomiques dans la combinaison chimique [2]). Pour d'autres, le nombre de valences d'un atome ou d'un groupe d'atomes serait déterminé par le nombre d'électrons dont se trouvent chargées ces particules. « Le nombre de valences que possède une particule réagissante, dit W. Herz, est égal au nombre d'électrons que lui attribue la théorie de la dissociation électrolytique. Cette coïncidence entre l'atomicité et la charge électrique est tout à fait digne

[1]) Langevin, *Les grains d'électricité*, p. 88.

[2]) Ramsay, *La chimie moderne*. 1re partie, p. 57. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

d'attention, car elle semble de nature à conduire à l'identification des valences et des électrons » [1]).

Enfin dans la théorie nouvelle, l'affinité devient la force avec laquelle les ions retiennent l'électricité dont ils sont chargés ; de là le nom d'électro-affinité qu'on lui donne [2]).

En résumé « on ne peut, au point de vue chimique, écrit Nernst, apprécier trop hautement les recherches récentes sur la théorie électronique » [3]).

[1]) HERZ, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, p. 48. Paris, Gauthier-Villars, 1909. — PERRIN, *Les grains d'électricité*, p. 56.

[2]) ABBEGG und BODLANDER, (Zeitschrift für anorganische Chemie), t. XX, S. 453, 1899.

[3]) NERNST, *Traité de chimie générale*, p. 461. Hermann, 1911.

Citons, à titre d'exemple, l'opinion de Sir Thomson. D'après ce physicien, « l'atome consiste en un grand nombre de corpuscules arrangés à l'intérieur d'une sphère d'électricité positive, les corpuscules se disposant eux-mêmes de façon à être en équilibre sous leur répulsion mutuelle et l'attraction de l'électricité positive. La rigidité et la stabilité du système dépendent du nombre des corpuscules. » « Pour quelques nombres particuliers de corpuscules, le système est très rigide et résiste fortement à tout mouvement des corpuscules... comme l'électricité dépend de ces mouvements, elle ne peut se mouvoir qu'avec une grande difficulté dans ces atomes, et par conséquent les corpuscules n'exercent qu'une faible action ou même n'en exercent aucune sur les charges électriques extérieures à l'atome. » Les corps ainsi constitués n'ont pas d'affinité, ne se combinent pas avec d'autres atomes Tel est le cas des gaz inertes, le néon, l'argon, etc...

Pour d'autres systèmes, on peut admettre, outre ces corpuscules immobilisés, des corpuscules libres au nombre de 1, 2, 3, etc. Ces corpuscules communiquent à l'atome le pouvoir de se combiner à des charges électriques extérieures. Pareils atomes auront donc de l'affinité. La facilité de combinaison dépend du nombre de corpuscules libres et de leur degré de liberté. « Si deux atomes doués de corpuscules libres entrent en rapports si étroits que les corpuscules de l'un exercent une force considérable sur ceux de l'autre, le système composé des deux atomes se réarrangera de façon à passer sous une forme plus stable. » Il peut même se faire que des corpuscules passent de l'un à l'autre pour déterminer l'équilibre. Par suite de cette union, les atomes perdront une partie plus ou moins grande de leur mobilité et de leur pouvoir réactionnel *).

*) Sir THOMSON, *L'analyse chimique par les rayons positifs*, (*Revue générale des sciences*, 30 septembre 1911, pp. 718 et suiv.) — Cfr. RAMSAY, *La chimie*

La théorie électronique a obtenu déjà un très grand succès sur le terrain physico-chimique. Elle a permis à la théorie électromagnétique, dont elle est le complément, de poursuivre avec plus d'assurance son œuvre de réduction de tous les phénomènes à des phénomènes électromagnétiques. Mais ce travail, les physiciens eux-mêmes en conviennent, n'est point achevé. Malgré les sérieuses promesses d'avenir, l'hypothèse soulève encore à l'heure présente de réelles difficultés et ne peut se passer, dans l'explication de plusieurs phénomènes, de certaines forces distinctes des énergies électriques et magnétiques [1]).

Telles sont les idées modernes sur la constitution physique de la matière. A côté d'hypothèses hardies que les physiciens eux-mêmes n'acceptent qu'avec de grandes réserves, à côté de conceptions vraisemblables mais qui dépassent la portée actuelle de l'expérience, nous avons rencontré un certain nombre de faits nouveaux dont le cosmologue ne peut se désintéresser, parce qu'ils jettent un jour nouveau sur la constitution métaphysique de la matière. Quels sont ces faits, quelle est leur portée cosmologique ? Nous aurons l'occasion de répondre à ces deux questions au cours de ce traité.

[1]) LANGEVIN, *La dynamique électromagnétique*, p. 114 (Les idées modernes). Paris, Alcan, 1913. — H. POINCARÉ, *Science et méthode*, p. 247. Paris, Flammarion, 1909. — HENRIQUEZ, *Les concepts fondamentaux de la Science*, pp. 246 et suiv. Paris, Flammarion, 1913.

moderne, 1re partie, p. 62. Paris, Gauthier-Villars, 1909. — Cfr. HERZ, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, p. 48. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

INTRODUCTION

14. **Définition.** — La cosmologie est *l'étude philosophique du monde inorganique.*

Dans cette formule succincte se trouvent indiqués, d'une part, l'objet matériel que la cosmologie se propose de faire connaître : c'est le monde inorganique ; d'autre part, l'objet formel, ou l'aspect spécial sous lequel elle va l'envisager : c'est le point de vue philosophique.

15. **Objet matériel de la cosmologie.** — D'après le sens étymologique du mot, κοσμος = monde, et λόγος = science, la cosmologie devrait embrasser l'ensemble des êtres qui constituent l'univers, les êtres vivants aussi bien que la matière inanimée. C'est l'extension que lui donnent la plupart des auteurs, lorsqu'ils la définissent : « l'étude des *corps* au point de vue de leurs caractères généraux ».

Notre définition est plus restrictive ; elle limite le domaine cosmologique au monde inorganique. En voici la raison. Comme son nom l'indique, la psychologie s'occupe de l'âme, c'est-à-dire du premier principe de vie chez les êtres vivants. Or, ce premier principe d'activité immanente ne se trouve pas seulement dans l'homme, mais aussi dans l'animal et le végétal. L'étude philosophique de ces trois classes d'êtres où se manifeste une vraie activité vitale, est donc du ressort de la psychologie ; le cosmologue n'a rien à y voir.

Il est vrai que les auteurs, partisans d'une définition plus large, font abstraction de la vie chez les êtres qui en sont

doués, pour ne les considérer que sous leur aspect purement matériel, en un mot, pour ne voir en eux que l'être corporel.

Mais c'est là une abstraction que rien ne justifie.

Le premier principe de vie dans la plante ou dans l'animal n'est pas une réalité que l'on puisse analyser complètement sans étudier en même temps le corps où il est réalisé. Pour en saisir l'existence et la nature il faut, au contraire, un examen minutieux de l'être tout entier, c'est-à dire de sa constitution intime et des phénomènes qui la trahissent. En se livrant à cette recherche, le psychologue se trouve donc dans l'impossibilité de faire abstraction de l'être corporel comme tel et d'abandonner à une autre branche de la philosophie cet objet d'investigation.

De son côté, le cosmologue se livre aussi à une entreprise vouée d'avance à un échec certain, s'il veut s'occuper de l'être vivant sans aborder la question du premier principe de vie qui l'anime. Comment établir, en effet, l'existence des principes constitutifs qui en font un corps sans prouver du même coup qu'il est un corps vivant ? Dans l'espèce, la méthode cosmologique donnera toujours le même résultat que la méthode psychologique

Sans doute, au cours de son étude de la vie végétative ou animale, le psychologue rencontre parfois des notions que la cosmologie a pour mission d'élucider. Dans ce cas, il les lui empruntera : toute science ne doit-elle pas emprunter ses principes fondamentaux aux autres sciences dont elle est tributaire ?

D'ailleurs, il est faux que la cosmologie ait pour unique objectif la notion générique du corps. Sa mission primordiale est de mettre en lumière les causes réelles mais dernières du monde matériel. Lorsqu'elle aborde l'étude des causes substantielles, il ne lui suffit donc pas d'établir les constitutifs génériques de l'essence corporelle ; elle doit pénétrer jusqu'aux principes spécifiques, sous peine de ne rien expliquer. L'existence des natures essentiellement distinctes les unes des

autres et irréductibles entre elles, même dans le monde inorganique, ne fut-elle pas toujours la thèse fondamentale de la cosmologie aristotélicienne? Preuve nouvelle que la cosmologie manquerait son but principal si, devant s'étendre à l'être vivant, elle se bornait à n'en examiner que l'état purement matériel, sans relever la différence d'ordre qui distingue la vie organique de la matière inorganisée.

Dès lors, de deux choses l'une : ou bien il faut englober dans le champ cosmologique tous les êtres vivants comme tels; ou bien il faut restreindre la cosmologie au monde inorganique et réserver à la psychologie le domaine de la vie sous toutes ses formes. C'est cette dernière délimitation que nous avons adoptée dans notre définition [1]).

16. Comment déterminer l'objet formel de la cosmologie? — Le monde inorganique est l'objet de plusieurs sciences : la physique, la chimie, la géologie, la cristallographie, la minéralogie y consacrent leurs patientes recherches et s'efforcent de découvrir les lois qui le régissent, l'ordre admirable qui y règne.

Toutes ces sciences ont le même objet matériel, la nature inanimée. Toutes cependant ont leur physionomie propre,

[1]) En fait, plusieurs auteurs, notamment J. de la Vaissière, ont adopté la première classification indiquée plus haut. Cfr. *Philosophia naturalis*, vol. I et II, Paris, Beauchesne, 1912. Sous le nom de *philosophie naturelle*, ils comprennent l'étude de la matière minérale, de la vie végétative et sensitive, de la vie rationnelle, de l'homme et du monde en général. Pareille classification nous paraît logique, car elle embrasse la nature considérée sous tous ses modes d'être. La cosmologie, telle que nous l'entendons, se distingue nettement de la psychologie, mais ces deux disciplines prennent place à côté l'une de l'autre sous un titre plus large. Nous avons préféré la seconde classification, à cause des nécessités de l'enseignement et aussi parce que le monde minéral constitue à lui seul un sujet d'étude philosophique suffisamment vaste et forme un tout bien délimité. Cependant, pour éviter toute équivoque, nous avons donné pour titre à notre travail *Étude philosophique du monde inorganique, ou cosmologie;* le titre « Philosophie naturelle » étant d'une extension trop grande pour notre sujet.

leur individualité. D'où tiennent-elles ce caractère distinctif? De leur objet formel. C'est en effet cette manière spéciale de considérer la matière brute qui donne à chaque science son orientation particulière, inspire ses procédés d'investigation et sa méthode, trace d'avance le cadre plus ou moins restreint des vérités qui constitueront son domaine.

Mais en présence de toutes ces branches qui se partagent l'étude de la matière inorganique, on se demande si l'intelligence ne s'est pas emparée déjà de toutes les voies qui doivent la conduire à la découverte complète des secrets de la nature, s'il reste encore un champ inexploré pour cette partie de la philosophie, appelée cosmologie.

Le moyen le plus simple de résoudre cette question est de délimiter graduellement le terrain exploité par chacune des sciences naturelles; l'au delà de leurs frontières respectives deviendra de la sorte la sphère d'action réservée aux études cosmologiques.

17. Objet formel des sciences qui étudient le monde inorganique : physique, cristallographie, minéralogie, chimie, géologie. — 1° La *physique* a pour objet les propriétés communes de la matière. Elle étudie la pesanteur, le son, la chaleur, l'électricité, le magnétisme, la lumière, ainsi que le mouvement local qui accompagne l'exercice de toutes ces forces. En fait, ces propriétés se trouvent réalisées dans tous les corps ou peuvent s'y exercer dans des circonstances déterminées : aucune substance corporelle n'est d'elle-même soustraite à la force mystérieuse qui l'incline à tomber; chacune d'elles a l'aptitude de produire le son ou d'en être le véhicule; toutes sont capables, quoique à des degrés très différents, d'être le siège de phénomènes électriques et magnétiques. Ainsi en est-il de la lumière et de la chaleur.

A la physique appartient la mission de nous faire connaître les manifestations et les effets passagers et accidentels de ces

propriétés, de déterminer les causes capables d'en provoquer l'éveil, de tracer les lois de leur activité et les liens qui les rattachent entre elles.

Le physicien saisit donc la matière inorganisée sous un aspect spécial, il n'en atteint que l'écorce. Ce morceau de plomb qui tombe suivant une ligne verticale, cette flamme qui dilate le barreau de fer, ces rondelles métalliques qui se compriment mutuellement dans un rapide mouvement de rotation et donnent naissance à l'étincelle électrique, ces corps, il n'en cherche ni la nature ni la composition ; ils n'ont d'intérêt pour lui que dans la mesure où ils font ressortir ces forces communes.

2° La *cristallographie* s'occupe d'un état particulier des substances matérielles, l'état cristallin. Voici un morceau de fluorine qui présente la forme géométrique du cube ; comme tel, il se trouve tout formé dans la nature ; à côté de cette forme, nous en rencontrons des milliers d'autres et des plus diverses. Leur multiplicité et leurs variétés innombrables étonnent ; au premier aspect, elles semblent jeter le défi à qui voudrait chercher le secret de leur formation et les liens de parenté qui les unissent.

Le cristallographe a tenté de suivre la nature dans ce travail.

A la lumière de sa théorie cristalline, il décrit la genèse du cristal sensible en pénétrant jusqu'à l'embryon cristallin lui-même.

Toutes ces formes multiples il les répartit en six grandes familles appelées *systèmes*, et dans chacune de ces familles il choisit une forme fondamentale qui lui permet d'en déduire toutes les autres, à l'aide de troncatures, biseaux ou pointements réglés par les lois de symétrie et de rationalité des paramètres.

A cet état parfait de la matière se rattachent de nombreuses propriétés physiques dont le caractère spécifique

sert souvent de critérium de spécification dans l'étude des échantillons extérieurement mal définis. Le cristallographe détermine les influences puissantes de la forme sur ces propriétés ; il en formule les lois, en demandant à la physique le tribut de ses instruments, de ses méthodes et de ses théories.

Enfin, il recherche quelle relation il y a lieu d'établir entre ces formes diverses et les substances qui les revêtent ; il justifie par un vaste ensemble de faits cette loi d'une souveraine importance, énoncée par l'abbé Haüy au siècle dernier : « A toute espèce chimique correspond une forme cristalline spécifique »[1]).

Pas plus que la physique, la cristallographie ne scrute le fond intime des substances corporelles ; elle limite son étude à un des états particuliers de la matière, c'est-à-dire à sa forme la plus gracieuse, la *forme cristalline*.

3° Dans la sphère de la *minéralogie* rentrent tous les corps *solides* dont l'ensemble forme la croûte du globe : le limon dont les couches plus ou moins profondes endiguent les fleuves et les rivières, les masses dures et compactes qui constituent le rocher, la houille stratifiée dans les entrailles profondes de la terre, la craie, le marbre, les métaux enfin sous toutes leurs formes simples ou composées. A chacune de ces substances le minéralogiste donne un nom. Il en trace le signalement complexe, où se trouvent relevées toutes les particularités scientifiques du corps : le poids spécifique, la dureté, la fusibilité, la couleur, l'éclat, la composition chimique, et souvent même la forme cristalline spécifique.

D'après leurs analogies physiques et chimiques, ou même d'après leurs affinités de gisement, ces minéraux se répartissent en groupes ou en tribus.

[1]) De nombreuses expériences récentes ont prouvé que cette loi est moins rigoureuse qu'on l'avait cru. Nous examinerons plus loin les exceptions qu'elle comporte.

On le voit, la minéralogie, elle aussi, demande à la chimie son concours ; c'est d'elle qu'elle reçoit ces formules abréviatives qui expriment le nombre d'éléments constitutifs des espèces minérales et leurs rapports pondéraux.

Comme telle, la minéralogie n'a point à rechercher les origines de ces nombreuses substances. Il lui importe peu de savoir à quelle époque plus ou moins lointaine, ou dans quelles circonstances physiques, se sont formés les couches cristallines qui tapissent les parois d'un filon, les terrains ferrugineux, manganifères, houillers, calcareux ou autres, bref les seize cents espèces minérales connues aujourd'hui. La minéralogie s'empare de ces minéraux tels que la nature les lui fournit, pour en donner le signalement et les grouper d'après leurs analogies.

Elle devient ainsi l'étude *descriptive* des minéraux dont se compose la croûte du globe.

4° La *chimie* pénètre beaucoup plus avant dans l'analyse des substances corporelles. Tandis que les autres sciences que nous venons de considérer se confinent dans l'étude des manifestations extérieures des corps, et des phénomènes qui tombent sous les prises de l'observation, la chimie scrute leur fond intime, leur composition même. Prenez quelques gouttes de mercure liquide appelé vulgairement *vif argent ;* chauffez-les dans une atmosphère d'oxygène gazeux. Sous l'influence de la chaleur il se formera bientôt un corps solide, une poussière d'un rouge vif dont on pourrait bien difficilement soupçonner l'origine, si l'on n'était quelque peu initié aux mystères de la chimie. Le fait qui s'est produit est une *combinaison chimique :* deux corps essentiellement distincts, aux propriétés les plus disparates, l'oxygène et le mercure, se sont influencés mutuellement et par l'exercice de leurs affinités natives, stimulées par la chaleur, se sont transformés en un corps nouveau appelé *oxyde de mercure*. Le microscope et les instruments d'optique les plus perfectionnés ne

peuvent plus y déceler la présence ni de l'un ni de l'autre des générateurs de cette substance, car elle a de nombreuses qualités qui lui sont propres et ne conviennent à aucun de ses composants ; c'est un corps nouveau issu de leur mutuelle action et de leur intime union, mais qui pourra, si on le veut, restituer ses générateurs à l'état de liberté. En effet, soumettez ce corps nouveau à une température élevée, il se décomposera et, au lieu d'une poussière rouge, vous trouverez bientôt dans le bocal un corps gazeux incolore, l'oxygène, un liquide d'un gris d'argent, le mercure. Ce fait, inverse du premier, est une *décomposition chimique* ; une substance s'est transformée en deux autres.

Combinaison et décomposition : ces deux mots résument la chimie entière.

La chimie se donne pour objet la composition et les transformations profondes et durables des substances corporelles.

Pour nous en donner l'intelligence, elle dépeint les caractères des *facteurs* qui interviennent dans ces modifications intimes : elle décrit leurs propriétés physiques, leur affinité chimique, leur atomicité, les conditions de leur activité. Puis, elle saisit l'action sur le vif et nous fait assister aux phénomènes qui *accompagnent* leur union, notamment les phénomènes thermiques, électriques et lumineux. L'action a eu lieu, un *corps nouveau* s'est formé au terme de la transformation intime. Ce corps apparaît avec des propriétés et des aptitudes nouvelles ; la chimie en donne une description détaillée qui est à la fois l'expression des analogies et des différences profondes existant entre le composé et ses composants isolés.

Ainsi en est-il de la combinaison, ainsi en sera-t-il de la décomposition.

Mais cette description n'est que l'exposé des manifestations extérieures d'un phénomène plus intime.

Ce phénomène, le chimiste l'aborde ; à l'aide de l'analyse,

il dissèque le composé, il recherche les composants et les rapports de poids suivant lesquels ils se sont associés.

Il essaie même de pénétrer plus avant encore : guidé par une hypothèse vraisemblable due aux physiciens Avogadro et Ampère ; s'inspirant parfois des méthodes découvertes récemment par Raoult et Van t' Hoff ; usant d'autres fois de l'isomorphisme ou de la méthode chimique proprement dite, etc., il s'efforce de déterminer le poids de la plus petite quantité de matière qui soit capable d'exister en liberté et de représenter le corps sensible, en un mot la molécule.

De toutes les sciences naturelles, nulle ne pousse aussi loin que la chimie l'analyse de la nature inanimée.

5° La *géologie* se place à des points de vue plus généraux. Loin de se borner à la considération des *espèces simples* qui constituent l'écorce terrestre et que le minéralogiste a déjà classées, le géologue embrasse les agglomérations plus ou moins considérables de particules minérales rassemblées par les lois naturelles. Ces agglomérations ou roches qui concourent à la formation des différents terrains résultent de phénomènes mécaniques, physiques et même physiologiques. Le géologue recherche leur origine, leur mode de formation. L'œil fixé sur les phénomènes actuels qui ne cessent de modifier l'écorce terrestre, il essaie de faire l'histoire du passé de la terre : que fut notre globe au début de son existence ; quelles modifications lentes et progressives la suite des âges lui a-t-elle fait subir ; quelle est enfin la raison de sa configuration actuelle ?

18. **Objet formel de la cosmologie.** — Le faisceau de ces diverses sciences n'embrasse-t-il pas tous les aspects sous lesquels le monde inorganisé peut être l'objet de l'observation ou de l'expérimentation : les propriétés communes de la matière, son état parfait ou la forme cristalline, le signalement de toutes les espèces minérales et leur classification, les

transformations profondes de toutes les substances solides, liquides ou gazeuses, enfin l'histoire générale du globe, ne semble-t-il pas que rien n'ait été négligé ?

Malgré tout, l'esprit humain ne se déclare pas encore satisfait. Pour chacune de ces sciences il reste un *au delà*, que les procédés et les méthodes d'investigation scientifique n'ont pu atteindre et que l'intelligence est impatiente de connaître.

C'est sur cet *au delà* que la philosophie de la nature essaie de répandre la lumière.

1° La *géologie*, en retraçant l'histoire du globe, a reporté la pensée jusqu'aux âges les plus lointains ; si loin cependant qu'elle remonte dans le cours des siècles, cette histoire part d'un fait, celui de l'existence de la matière.

Cette matière, peu importe d'ailleurs son état initial, d'où vient-elle ? Est-elle nécessaire, éternelle, et renferme-t-elle le principe suffisant de son existence, comme l'affirment les panthéistes ? Ou n'est-elle pas plutôt, comme semble l'exiger son caractère de mutabilité et de contingence, l'œuvre d'une création divine essentiellement distincte de son auteur ?

Cette question est celle de l'*origine* toute primordiale, de la *cause efficiente première* de la matière.

2° La *chimie* nous montre comment l'univers matériel résulte des combinaisons diverses d'un nombre restreint d'espèces élémentaires. Ces substances primordiales *simples*, c'est-à-dire, dans l'état actuel de la science, *chimiquement indécomposables*, qui offrent tant de différences entre elles, au point de vue de leurs propriétés, n'ont-elles point chacune une constitution propre ? Ou bien, la base matérielle que voile cette multitude de phénomènes n'est-elle qu'un substrat homogène, identique dans toutes ces espèces chimiques ?

L'atomisme philosophique ou le mécanisme cartésien soutient cette dernière hypothèse : l'homogénéité de la matière et la réduction de toutes les forces au mouvement local con-

stituent ses dogmes fondamentaux. Pour le dynamisme au contraire, les masses matérielles résultent d'une agglomération de forces simples inétendues.

Entre ces deux extrêmes se place la théorie scolastique. D'après ce système, tous les corps de la nature sont constitués de deux principes essentiels : l'un, commun à toute masse corporelle, est le substrat permanent des transformations profondes de la matière ; l'autre, spécial à chaque corps, fournit la raison dernière de ses caractères spécifiques.

Ce problème, on le voit, a pour objet les causes constitutives ultimes des substances chimiquement *simples*.

Ce n'est pas tout. Le chimiste suit la nature dans les phases multiples de son évolution, et à chaque étape, pour chaque composé nouveau, il nous donne une description détaillée du changement subi par la matière. Le dernier terme de son analyse est une formule abréviative qui indique les générateurs immédiats et leurs poids respectifs, voire même le poids relatif du nouvel individu chimique ou de la molécule.

Néanmoins, si loin qu'il ait pénétré dans l'étude du composé, il reste un au-delà, car l'esprit s'interroge naturellement sur la raison dernière des propriétés caractéristiques du corps nouveau. Ces modifications si profondes ont-elles simplement effleuré l'écorce des masses matérielles génératrices du composé ? N'ont-elles pas eu leur répercussion dans la substance même ? En d'autres termes, les corps simples qui l'ont formée conservent-ils leur individualité respective, ou se sont-ils transformés en une individualité nouvelle, qui en serait le substitut naturel ?

Cette question vise les causes constitutives du *composé*.

Un seul et même problème de philosophie se pose donc au sujet des corps simples et des corps composés de la chimie : le problème des *causes constitutives dernières* du monde inorganique.

3° La *physique*, la *minéralogie*, la *cristallographie*, se proposent chacune comme idéal, dans leur sphère propre, la

découverte d'une partie spéciale de l'ordre qui régit les activités et les manifestations sensibles de la nature matérielle.

Cet ordre résulte de l'ensemble harmonieux des lois naturelles.

L'intelligence, malgré la joie qu'elle ressent en découvrant ces lois, n'en éprouve pas moins le désir de connaître leur caractère intime, la raison de leur constance à travers les changements incessants qui se produisent dans les conditions d'activité des êtres. Puis, embrassant dans une vue d'ensemble l'univers matériel, elle va à la cause intime de cet ordre universel, et se demande si les harmonies de la nature ne révèlent point l'existence d'une cause ordonnatrice suprême dont le monde corporel reproduirait adéquatement le plan.

Or, l'ordre ne se conçoit pas sans fin, car la fin en est à la fois le but et le principe directif : c'est du but que dépendent le choix, la coordination et, au point de vue dynamique, la subordination des moyens.

Nous voici donc en présence d'un dernier problème, celui de la fin dernière de cet univers matériel, la *cause finale.*

En résumé, au delà des frontières des sciences spéciales, la cosmologie a trois questions d'ordre supérieur à résoudre :

Quelle est la cause efficiente première du monde inanimé?
Quelles en sont les causes constitutives ultimes?
Quelle en est la cause finale?

Ces trois questions résument l'objet formel de la cosmologie; elles se trouvaient contenues dans un des termes de notre définition initiale : la cosmologie est l'étude *philosophique* du monde inorganique. A la philosophie, en effet, et à elle seule, est dévolu le droit et le devoir de faire connaître les êtres par leurs causes dernières.

19. **La cosmologie est une science spéciale mais complémentaire des sciences physiques.** — Nous l'avons dit, là où s'arrêtent les sciences naturelles, commence le domaine de la cosmologie.

Celle-ci n'est donc que le prolongement, ou plutôt le complément ultime des études scientifiques. S'il en est ainsi, pourquoi faut-il lui donner une place spéciale, en faire une science distincte des autres? Pourquoi les savants ne peuvent-ils pas, sans dépasser les frontières de leur branche respective, pousser plus loin leurs investigations et tenter de résoudre les questions qu'il nous a plu de réserver au cosmologue?

La raison en est que l'extension de l'objet formel de la cosmologie déborde nécessairement la méthode et la sphère des sciences naturelles.

Examinons d'abord la question de la *cause efficiente* dernière du monde matériel.

La seule science qui pourrait revendiquer le droit de la résoudre, c'est la géologie. Or, à raison même de sa méthode, elle doit s'interdire cette recherche. Pour retracer le passé de la terre, le géologue a comme unique ressource l'étude des phénomènes actuels qui modifient la configuration terrestre et concourent à la formation des terrains nouveaux. C'est à la lumière de ces faits qu'il remonte le cours des âges et parvient à déterminer l'état initial de notre globe. A moins de renoncer à la méthode essentielle à cette science, il doit forcément limiter ses recherches aux transformations successives de la matière et en présupposer l'existence.

Bien plus, quelque longue que soit la chaîne des événements écoulés dont il retrace l'histoire, il ne peut jamais se glorifier d'en avoir atteint le premier anneau; car, comme le dit saint Thomas, à ne consulter que la raison, nul ne saurait prouver que notre univers n'a pas un éternel passé. S'il lui plaît de sortir de cette voie, de soulever la question d'origine de cette matière transformable — et personne ne lui en ferait un grief — ce n'est plus en qualité de géologue qu'il la traitera, mais en qualité de philosophe.

Ainsi en est il de la *cause finale* Cette question embrasse les destinées du monde et l'ordre universel qui préside à l'évolution finaliste de la matière. L'ordre cosmique est

sans doute le grand objectif des sciences naturelles ; mais chacune d'elles n'a pour mission que d'en mettre en relief une partie plus ou moins restreinte. Aussi existe-t-il autant d'ordres que de sciences particulières : l'ordre chimique, l'ordre physique, l'ordre cristallographique, etc. En fait cependant, tous ces ordres spéciaux ne sont que des points de vue abstraits et particularistes d'un seul et même ordre universel réalisé dans la matière et tenant d'elle son principe et sa cause commune. Pour découvrir ce principe explicatif foncier et son aboutissement ultime, il faut donc une vue d'ensemble, un aperçu synthétique de l'ordre général et un procédé que ni le chimiste, ni le physicien, ni le cristallographe ne peuvent utiliser sans sortir de leur domaine respectif.

Enfin, le problème des *causes constitutives* des êtres corporels exige lui aussi, et plus que tout autre, des aperçus généraux nécessairement étrangers aux spécialisations des sciences. Notre intelligence n'est pas assez pénétrante pour atteindre d'emblée la nature intime des causes substantielles ; elle n'y arrive que par l'étude des phénomènes qui en sont autant d'expressions partielles. De là, la nécessité pour elle de fixer constamment son regard sur l'ensemble des propriétés chimiques, physiques, cristallographiques, et partant de faire de larges emprunts, non à telle ou telle science particulière, mais à toutes les sciences naturelles qui étudient, sous des aspects divers, les manifestations de la nature corporelle. On le voit, ici encore ce genre de recherches déborde forcément les cadres scientifiques.

20. Objet secondaire de la cosmologie. — Bien que la recherche des causes dernières de l'ordre cosmique constitue le but primordial, essentiel de la cosmologie, il n'en suit nullement que l'étude de la nature des phénomènes doive être exclue du domaine cosmologique. Elle en forme, au contraire, une partie importante. C'est en effet par les phénomènes que

se révèlent la nature intime des êtres, leurs destinées naturelles et en partie même leur origine. Le cosmologue a donc pour tâche de déterminer, autant que possible, les caractères essentiels des réalités phénoménales et la raison des lois qui les régissent, à la lumière de toutes les données expérimentales des sciences physico-chimiques.

Cette étude, d'ailleurs, s'impose d'autant plus que les sciences actuelles ont renoncé à la prétention de nous faire connaître toute la richesse du phénomène. L'expérience, telle est l'unique source des connaissances qu'elles cherchent à découvrir. Or, le phénomène, tel qu'il tombe sous les prises de nos sens externes, n'est d'ordinaire qu'un des aspects de la réalité objective, une partie de son être intégral:

Malgré sa réelle importance, cet objet est cependant secondaire, car les propriétés constituent une résultante de la substance et ne sont elles-mêmes que des moyens dont l'être se sert pour atteindre sa fin naturelle.

21. **Définition défectueuse de la cosmologie.** — Notre définition accorde une très large place à la métaphysique : elle assigne à la cosmologie, comme objet principal de recherches, tout un ensemble de causes qui dépassent l'expérience ou qui du moins n'en sont pas une expression ou synthèse immédiate.

Pareille définition doit naturellement compter comme adversaires tous ceux qui refusent à la raison le pouvoir d'atteindre l'essence substantielle ou accidentelle des choses, c'est-à dire les réalités douées d'une valeur universelle et absolue. Pour tous ces philosophes, qu'on les appelle positivistes, néo-positivistes, kantiens, pragmatistes ou phénoménistes, la cosmologie ou philosophie naturelle devient *la systématisation des sciences* [1]).

[1]) Cf. De la Vaissière, *Philosophia naturalis*, I vol., p. 207, Paris. Beauchesne, 1912.

Accepter les enseignements de la science positive et n'accepter qu'eux seuls, systématiser ces données expérimentales, les grouper en des vues synthétiques qui se superposent aux vues, nécessairement particularistes, des diverses sciences, tel est, pour un grand nombre de philosophes actuels, le rôle de la philosophie naturelle.

Les uns lui attribuent une valeur réelle mais relative à notre constitution, à nos moyens de connaître, à l'époque même de son acquisition.

D'autres voient dans cette systématisation de l'expérience un instrument utile pour le développement de la vie humaine, et mesurent la valeur de cette synthèse finale à son utilité pratique.

Pour d'autres enfin, le philosophe n'aurait même pas le droit d'affirmer *a priori* que les diverses sciences spéciales doivent nécessairement converger et aboutir à une synthèse. Son rôle consisterait donc à tenir le registre exact des conceptions scientifiques en cours, à écrire, sous la dictée des spécialistes, le procès verbal fidèle de leurs tentatives et de leurs théories. C'est la pensée qu'exprime M. Rey quand il nous dit : le philosophe ne peut être que « l'historien de la pensée scientifique contemporaine », ou encore : « la philosophie est, en un mot, la science positive tout court » [1]).

La critique de ces systèmes [2]) et de leurs conséquences appartient à la critériologie. Qu'il nous suffise de remarquer que leur défaut général est une défiance exagérée à l'égard de la valeur de l'intelligence humaine. Lui restituer ses prérogatives naturelles, lui reconnaître le pouvoir d'atteindre non seulement la réalité du sensible, mais les réa-

[1]) A. Rey, *La Philosophie moderne*, pp. 1-32, Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Les rapports entre la philosophie et les sciences ont été diversement interprétés. Pour certains savants, la philosophie doit s'absorber progressivement dans les sciences, pour d'autres, il existe une opposition radicale entre ces deux sortes de discipline. Entre ces deux opinions extrêmes se rencontrent divers degrés de fusion et de conciliation partielle. Cf. D. Parodi, *Science et Philosophie (Revue du Mois*, 10 janvier 1914), pp. 46-65.

lités plus profondes, substantielles et accidentelles, c'est du même coup distinguer les sciences de la cosmologie et attribuer à celle-ci un objet qui est, en fait, inaccessible aux autres.

22. **Division de la cosmologie.** — La cosmologie comprend trois parties qui ont respectivement pour objet :

1° L'origine du monde inorganique ou sa cause efficiente primordiale ;

2° Sa constitution intime ou ses causes constitutives ultimes ;

3° Ses destinées ou sa cause finale.

Trois mots résument donc toute la matière : D'où vient le monde inorganique ? Qu'est-il ? Quel est son but ?

De ces trois problèmes, il en est un d'une importance spéciale : c'est celui des principes constitutifs de la matière inanimée. Les deux autres semblent n'en être que des corollaires.

S'agit-il, en effet, de prouver l'existence de la cause efficiente première du monde matériel, l'esprit humain rencontre les doctrines panthéistiques et matérialistes qui prétendent découvrir, dans la nature même des êtres, le principe de leur prétendue nécessité et partant de leur éternelle existence. Établir au moyen des faits eux-mêmes la contingence et les vrais caractères de la substance matérielle, n'est ce pas atteindre ces erreurs dans leurs principes et assurer à l'intelligence une ascension facile vers la cause supramondaine ?

D'autre part, n'est-il pas aussi naturel de rechercher, dans la constitution des corps, la raison ontologique de leurs manifestations et de l'ordre qui les régit ? Or, de là à la cause finale, il n'y a qu'un pas.

Les deux problèmes de l'origine et de la destinée du monde inorganique se rattachent donc, par les liaisons les plus étroites, à celui des causes constitutives dernières.

C'est la raison pour laquelle nous choisissons ce dernier problème comme objet de ce traité.

PREMIER TRAITÉ

LES PRINCIPES CONSTITUTIFS DU MONDE INORGANIQUE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

23. **Méthode cosmologique.** — Déjà, dans ses premières démarches, l'intelligence de l'homme atteint l'essence des corps ; elle n'en peut saisir les manifestations accidentelles sans pénétrer du même coup jusqu'à l'être caché qui en est le siège et le support. Mais cette connaissance intuitive est vague et confuse ; la preuve en est dans les termes de *sujet* et de *cause* qui servent à la traduire. Pour perfectionner cette connaissance rudimentaire, que faisons-nous ? Nous interrogeons les phénomènes, et, à la lumière de leurs révélations, nous allons à la recherche des caractères de la substance dont ces phénomènes semblent être les reflets.

La connaissance scientifique des essences corporelles est donc nécessairement *discursive,* et le procédé pour y atteindre est l'étude des phénomènes sensibles ; tel est le procédé de la cosmologie. Aussi, rien n'est plus opposé à son caractère distinctif que l'apriorisme.

A raison même de cette méthode, la cosmologie devient la tributaire obligée des sciences qui se partagent l'étude de l'univers matériel, car c'est aux sciences naturelles qu'est dévolu le rôle d'étudier les propriétés sensibles de la matière, de les décrire, de nous en donner la mesure, de formuler les lois qui les régissent.

Conformément à ces exigences, notre méthode consistera dans un examen impartial de tous les faits qui peuvent avoir une portée philosophique. Nous les emprunterons à la physique, à la cristallographie, à la chimie, bref à toutes les

sciences destinées à nous révéler les caractères et les lois des phénomènes naturels.

« L'expérience pure, dégagée des additions théoriques qui peuvent l'altérer dans l'état actuel de la connaissance scientifique, s'impose nécessairement, écrit M. Rey, à l'acceptation du métaphysicien » [1]).

Telle est aussi la pensée de M. Duhem.

« Le métaphysicien a-t-il ou n'a-t-il pas à tenir compte des dires du physicien ? »

« Au sujet des faits d'expérience, la question, dit-il, n'a pas été posée, car la réponse ne saurait être douteuse : il est clair que le philosophe de la nature doit tenir compte de ces faits, de ces lois. Les propositions, en effet, qui énoncent ces faits, qui formulent ces lois ont, ce que ne possèdent pas les propositions purement théoriques, une portée objective. Elles peuvent donc être en accord ou en désaccord avec les propositions qui composent un système cosmologique ; l'auteur de ce système n'a pas le droit d'être indifférent à cet accord qui apporte à ses intuitions une confirmation précieuse, à ce désaccord qui est pour ses doctrines, une condamnation sans appel » [2]).

24. Quelle attitude la cosmologie doit-elle prendre à l'égard des théories physiques ? — Il importe de distinguer dans les sciences physiques deux parties très différentes l'une de l'autre : l'une comprend les résultats immédiats et incontestés de l'observation ou de l'expérimentation ; ce sont les faits et les lois. Tous les physiciens en conviennent, ces données expérimentales sont objectives et le cosmologue doit les prendre pour guide dans ses investigations philosophiques.

[1]) Rey, *La théorie de la physique*, p. 162. Paris, Alcan, 1907.

[2]) Duhem, *Physique de croyant (Annales de philosophie chrétienne*, novembre 1905, p. 143).

Pour M. Poincaré, la physique, considérée de ce point de vue, « est même ce qu'il y a de plus objectif, parmi ce que nous sentons, percevons ou connaissons »[1]). Elle a la même valeur que notre croyance aux objets extérieurs ; seulement, pour lui, « la seule réalité objective, ce sont les rapports des choses d'où résulte l'harmonie universelle »[2]). L'objet réel de la science, n'est donc pas ce qu'il y a de fuyant, de mobile et d'individuel dans le phénomène ; ce sont les relations interphénoménales, dépouillées de leurs nuances et réduites à ce qu'elles ont de stable et de général. Le fait scientifique n'est même, à son avis, que le fait brut exprimé en langage plus précis et plus commode. « Tout ce que le savant crée dans un fait, c'est le langage dans lequel il l'énonce »[3]).

Mais à côté de ces faits et de ces lois, il y a la théorie proprement dite. Et à son sujet tout autre est le langage des physiciens modernes.

En général, la théorie physique est considérée comme un instrument de classification, un moyen de systématisation qui, par lui-même, n'est ni vrai ni faux, mais peut être plus ou moins utile, plus ou moins commode, plus ou moins naturel.

« On ne croit plus aujourd'hui, écrivent MM. Urbain et Sénéchal, que les théories doivent être vraies. Une telle expression nous semble même vide de sens. Faire une théorie, c'est ramener la variété infinie des faits à un minimum d'idées. Aussi l'on comprend que des théories différentes puissent simultanément atteindre ce but »[4]).

M de Heen est plus radical : « Le but principal à poursuivre dans les sciences physiques consiste donc, dit-il,

[1]) H. Poincaré, *Sur la valeur de la Science (Revue de métaphysique et de morale*, mai 1902, p. 290).

[2]) H. Poincaré, *La valeur de la Science*. p. 273. Paris, Flammarion, 1908.

[3]) H. Poincaré, *Sur la valeur de la Science (Revue de métaphysique et de morale*, mai 1902, pp. 272-273).

[4]) Urbain et Sénéchal, *Introduction à la théorie des complexes*, p. 3. Paris, Hermann, 1913.

à trouver une méthode capable de relier logiquement entre eux les faits que la nature nous présente et à tâcher d'établir ainsi l'unité dans cette science actuellement hétérogène; cela, sans préoccupation de la question de savoir si l'hypothèse correspond à la réalité ou n'y correspond pas » [1]).

A s'en tenir au jugement des physiciens, il semble donc que le cosmologue peut et doit rester complètement indifférent à l'égard des théories physiques.

A notre avis, il y a lieu cependant de distinguer et d'examiner séparément les diverses théories admises par les savants contemporains. Si le but final est toujours le même, le moyen de le réaliser diffère ; les grandes théories qui dominent la science actuelle ont leur physionomie propre et leur méthode spéciale de classement ; elles peuvent, dès lors, exercer éventuellement des influences différentes sur la conception des données expérimentales qu'elles ont mission de systématiser.

25. Portée cosmologique des principales théories physiques. — La *théorie énergétique* [2]) dont M. Duhem est un des principaux représentants, est une construction rationnelle et abstraite, basée sur les principes fondamentaux de la thermodynamique, savoir, le principe de la conservation de l'énergie, le principe de Carnot et le principe de moindre action. Elle s'interdit toute hypothèse sur la nature des phénomènes, tout essai de réduction des propriétés à un type unique, tout emploi d'éléments figuratifs empruntés au mouvement local. Elle est donc essentiellement une méthode descriptive des énergies de l'univers, de leurs transformations, des lois qui les gouvernent. Pour mesurer ces énergies et symboliser leurs lois, elle emploie des formules mathéma-

[1]) de Heen, *Mémoires*, p. 15, janvier 1913 (Académie royale des sciences, classe des sciences, t. IV, 2e série, 2e fascicule).

[2]) Nous ferons plus loin un exposé détaillé et un examen critique de cette théorie. — Voir le livre consacré à l'Énergétique.

tiques, construites *a priori*, c'est-à-dire indépendamment de l'expérience.

Pour M. Duhem [1]) la théorie ne doit coïncider avec la réalité que lorsqu'elle est complètement achevée. En attendant cet achèvement, elle n'a qu'une valeur instrumentale et méthodologique. En un mot, bien que l'expérience n'ait aucune part d'intervention dans la construction de la théorie mathématique, celle-ci doit, pour être valable, tendre à devenir une classification naturelle des phénomènes physiques.

Le cosmologue a-t-il à se préoccuper de pareille théorie ?

Assurément non, si elle reste fidèle à ses principes. Comme le dit M. Duhem, « une théorie qui ne prétend pas donner, des apparences physiques, une explication conforme à la réalité, pourra s'appeler vraie si elle représente d'une manière satisfaisante un ensemble de lois expérimentales ». De même « une théorie fausse n'est pas une tentative d'explication fondée sur des suppositions contraires à la réalité ; c'est un ensemble de propositions qui ne concordent pas avec les lois expérimentales » [2]).

Il se peut cependant que la théorie subisse une déviation réelle qui la rende justiciable de la cosmologie. L'énergie dont elle étudie les diverses transformations, se prête à des interprétations diverses. Si, au lieu de s'en tenir aux données purement expérimentales, le physicien émet une opinion sur la nature même de l'énergie, la théorie prend du même coup, bien qu'incidemment, un aspect cosmologique.

En fait, cette déviation se retrouve chez deux énergétistes de grande valeur, Ostwald et Mach. Le premier, pour avoir conçu l'énergie comme une substance unique, partout et toujours identique au sein de ses transformations, aboutit au

[1]) Duhem, *La théorie physique, son objet, sa structure*, passim, Paris, Chevalier, 1906.

[2]) Duhem, *La théorie physique, son objet, sa structure*, p. 28.— *Les théories électriques de Maxwell (Revue des Questions scientifiques*, 20 janvier 1901).

monisme énergétique. Le second, pour n'avoir accordé de réalité qu'aux données sensibles, souscrivit au phénoménisme.

Ce n'est évidemment que dans la mesure où ces systèmes philosophiques se réclament de la théorie physique, que le cosmologue doit s'y intéresser.

Une autre théorie, actuellement très en vogue, est le *néo-mécanisme* [1]).

Pour les néo-mécanistes, la théorie physique doit être tirée de l'expérience de manière à rester le décalque de l'objet. Elle n'a point la prétention de nous faire connaître la nature intime des phénomènes ou de leur substrat, mais elle cherche à se représenter les donnees de l'expérience par du mouvement local ou un ensemble plus ou moins compliqué de mouvements. La réduction à l'unité par l'homogénéisation des propriétés ou des phénomènes, tel est son but. Dans ce travail de systématisation, elle se laisse constamment diriger par les principes mêmes de la mécanique.

Qu'une pareille théorie puisse se développer sans jamais soulever aucun problème d'ordre cosmologique, on le conçoit facilement : la représentation de tous les phénomènes sous la forme du mouvement ne supprime pas nécessairement leur diversité objective. Mais on comprend aussi combien cette conception unitaire des phénomènes qui n'est qu'un moyen de systématisation, expose ses partisans à réduire au seul mouvement la réalité intégrale du phénomène observé, danger d'autant plus grand que la théorie professe une subordination complète à l'égard de l'expérience.

A notre avis, à raison même de ces relations intimes entre la théorie et les données expérimentales, le cosmologue ne peut s'en désintéresser complètement.

D'abord, il n'est pas sans avantages réels, même pour le savant, de connaître dans quelles limites la représentation

[1]) Voir le chapitre intitulé : le *Néo-mécanisme*.

des propriétés sous la formalité du mouvement peut être valable, quels aspects réels et non moins importants cette conception unitaire laisse dans l'ombre.

En second lieu, l'expérience l'a prouvé plus d'une fois déjà, à ne voir partout que du mouvement, plusieurs physiciens ont fini par confondre la méthode avec la réalité, un aspect particulier du phénomène avec le phénomène tout entier.

Une troisième conception de la théorie physique, très accréditée jusque vers la fin du siècle dernier, nous est donnée par l'école cartésienne.

Animée du même esprit que son héritière, le néo-mécanisme, cette théorie se montre cependant plus audacieuse. « Par explication mécanique, Descartes et les cartésiens français n'entendent pas seulement la construction d'une image concrète et conforme qui facilite à leur esprit la compréhension des choses, mais ils entendent la découverte de la réalité vraie, de la réalité dernière, du *substratum* métaphysique, et par dessus tout la réduction réelle à un nombre moindre des phénomènes distincts qui se passent dans l'univers » [1]).

La *théorie mécanique cartésienne,* qu'on désigne souvent sous le nom de *mécanisme pur,* est donc une théorie métaphysique et physique à la fois qui mérite une place toute spéciale dans l'étude cosmologique de la matière. Bien qu'elle ne compte plus à l'heure présente qu'un petit nombre de représentants, elle conserve une importance exceptionnelle, d'abord parce qu'elle est la seule théorie physique qui émette des prétentions métaphysiques ; en second lieu, parce que toute déviation du néo-mécanisme dans le sens philosophique tend à faire revivre en entier ou en partie ce mécanisme traditionnel.

Enfin mentionnons encore la conception de la théorie

[1]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie,* p. 298. Paris, Flammarion, 1908.

physique préconisée par H. Poincaré et son école que M. Rey appelle *école critique*[1]).

Pour le mécanisme traditionnel, il n'y avait point de différence de nature entre les lois expérimentales et les généralisations les plus abstraites et les plus larges de la théorie physique. Les généralisations ou les principes résultent d'un travail progressif d'abstraction auquel sont soumises les lois empiriques. Entre celles-ci et celles-là, simple différence de degré ; et les unes et les autres peuvent être infirmées ou vérifiées par des expériences nouvelles.

Pour H. Poincaré, la différence est radicale.

Pour lui, en effet, la physique mathématique qui coordonne et systématise les lois, n'est possible qu'à une condition : c'est que la loi empirique soit érigée en principe, non par une généralisation plus grande, mais par un décret de l'esprit qui en fait une vraie définition mathématique, une formule abstraite, ni vérifiable, ni démontrable. La transformation de la loi en principe la soustrait donc aux prises de l'expérience, tandis que la loi elle-même reste toujours une loi révisable. Au-dessus de la physique expérimentale comprenant les faits, leurs relations générales, les hypothèses inventées pour la prévision de nouveaux faits, il y a donc les principes, d'aspect mathématique, créés *a priori* par l'intelligence pour donner à certaines relations un caractère définitif, immuable.

D'après ce savant, le principe ne peut être arbitraire ; il n'est ni vrai, ni faux, mais il doit être commode, c'est à dire adapté à son objet, choisi de manière que cet objet « soit le plus facile possible à apercevoir de tous et le plus en rapport avec les exigences universelles de l'esprit » [2]). Les principes admis par H. Poincaré sont les prin-

[1]) Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains.* Paris, Alcan, 1907.

[2]) H. Poincaré, *Sur la valeur de la Science (Revue de métaphysique et de morale,* mai 1902, pp. 276-278).

cipes de l'énergétique, savoir les principes de la conservation de l'énergie, de la dégradation de l'énergie, de la moindre action, et en plus, les principes d'inertie, d'action et de réaction, d'indépendance des mouvements.

Il est clair que pareille théorie peut rester complètement étrangère aux préoccupations du cosmologue.

Signalons enfin la théorie *électronique*, qui jouit actuellement d'une vogue exceptionnelle en physique. Nous en avons donné plus haut un exposé détaillé. Bien qu'elle contienne de nombreuses hypothèses non encore vérifiées, elle se réclame de certains faits relatifs à la constitution de l'atome qui peuvent avoir une portée cosmologique considérable. De ce chef, elle s'impose à l'attention du cosmologue.

26. Origine de la vraie méthode cosmologique. D'où vient qu'elle fut généralement abandonnée? — La méthode que nous avons exposée plus haut (n° 21), n'est pas neuve, mais elle était tombée en désuétude depuis la classification introduite par Wolf dans les matières philosophiques.

Pour Aristote et saint Thomas, la cosmologie ne formait qu'un chapitre des sciences physiques ; elle en était le complément naturel. Aussi les questions relatives à ces deux branches leur semblaient tellement connexes, qu'elles se trouvent entremêlées et discutées dans les mêmes ouvrages. Il est même parfois difficile de saisir le passage d'un domaine à l'autre. Tel est le cas pour la Physique d'Aristote. Wolf a rompu le premier avec cette méthode traditionnelle. Après avoir établi une séparation radicale entre les sciences et la philosophie, il relégua la cosmologie dans le domaine de la métaphysique et lui attribua pour objet l'étude de l'être corporel.

Depuis lors, de nombreux cosmologues n'eurent plus que de l'indifférence pour les sciences naturelles. Ils se mirent à dépouiller le plus possible le système aristotélicien de

son enveloppe et à briser ses attaches scientifiques pour n'en conserver que les idées générales sur l'essence du corps. Les notions de matière première et de forme substantielle dont Aristote avait fait les constitutifs de tout être corporel, ainsi que l'étendue et la quantité devinrent à peu près l'objet unique de la cosmologie, parce que l'on peut discuter à perte de vue la raison intime de ces notions, leur dépendance mutuelle, leur enchaînement logique, bref la valeur métaphysique du système sans jamais abaisser ses regards sur le monde des réalités contingentes. De là à l'apriorisme absolu et au dogmatisme, il n'y avait qu'un pas, et ce pas ne fut que trop souvent franchi au grand détriment du système.

Ce divorce désastreux entre ces deux branches sœurs, Aristote, semble-t-il, l'avait déjà stigmatisé dans son bel ouvrage sur *La génération et la corruption*. « Ceux-là, dit il, aboutissent à des hypothèses qui sont rationnelles et cohérentes, qui se sont pour ainsi dire établis au sein de la nature et l'ont prise pour point de départ de leurs investigations ; les autres, tout entiers à leurs idées préconçues, daignant à peine abaisser leurs regards sur le monde extérieur, dogmatisent avec une fâcheuse facilité » [1]).

Aussi aimons-nous à faire nôtre le jugement de M. C. Huit sur le caractère du génie aristotélicien : « Avec la même assurance qu'un moderne, l'auteur de la *Physique* enseigne que le propre du savant, c'est la recherche des causes, et si en cette matière il s'est parfois égaré, ces erreurs étaient, selon le mot très juste de Barthélemy Saint-Hilaire, en partie la rançon de ses hautes facultés philosophiques qui avaient hâte d'échapper à la complexité du détail pour atteindre à l'unité de la loi, et qui tentaient de résoudre en un petit

[1]) Aristote, *De generatione et corruptione*. Lib. I, cap 2, p. 435. (Édition Didot).

nombre de formules métaphysiques la prodigieuse variété des phénomènes » [1]).

Si simple que paraisse cette conclusion, tous ne veulent point s'y rallier. Nous devons reconnaître cependant que le nombre d'antagonistes diminue et sera bientôt négligeable.

27. Exposé de certaines autres méthodes. — D'après les uns, une connaissance vulgaire des phénomènes de la nature suffit au philosophe pour résoudre le problème des causes constitutives. La question qui nous occupe n'est-elle pas du domaine de la métaphysique ? Pourquoi donc consulter les sciences ? Peuvent-elles jamais projeter leurs lumières jusque dans les sphères élevées de la spéculation philosophique ?

D'après d'autres, il existerait même entre la cosmologie et les données d'ordre scientifique un abîme si profond que tout point de contact est impossible. Que les sciences se développent librement avec une pleine et entière indépendance, que des hypothèses scientifiques nouvelles se greffent sur des hypothèses vieillies, que les théories les plus hardies sur la nature des propriétés de la matière se fassent jour, le philosophe n'a rien à craindre pour le sort des idées qui lui sont chères. Savants et cosmologues explorent deux domaines qui n'ont pas de point de rencontre. Il ne peut donc exister entre leurs systèmes ni harmonie ni opposition.

28. Pourquoi nous ne pouvons nous rallier à cette méthode. — Aux philosophes de cette seconde catégorie, nous demanderions volontiers quelle portée objective ils prétendent donner à leur théorie cosmologique.

La considèrent-ils comme une simple élucubration fantaisiste, créée de toutes pièces *a priori* par une intelligence

[1]) CH. HUIT, *La philosophie de la nature chez les anciens*, p. 462. Paris, Fontemoing, 1901.

volontairement indifférente à toutes les choses du dehors, mais désireuse de charmer ses loisirs ? N'y voient-ils qu'une conception métaphysique bien enchaînée et simplement possible?

Dans ce cas, nous n'avons aucune critique à leur faire. Il leur est aussi permis de défendre la cohérence et la possibilité de leur théorie, qu'il l'est aux mathématiciens de discuter la question de savoir s'il est au pouvoir de Dieu de créer un espace à 10 ou à 20 dimensions.

Soutiennent-ils au contraire que leur système n'est point une simple fiction, mais l'expression fidèle de la réalité, que les principes constitutifs de la matière par eux imaginés se trouvent en fait réalisés dans toutes les essences corporelles ? Alors, nous leur demanderons si leur intelligence est faite autrement que la nôtre, si la connaissance du fond intime des êtres leur est donnée par une intuition directe et immédiate ou par la patiente étude des phénomènes.

D'évidence, cette seconde méthode est la seule possible.

Mais elle-même serait-elle suffisante, si toutes les propriétés naturelles des corps n'étaient pas les reflets fidèles de la nature substantielle ? Or, puisque ces propriétés sont pour nous les seuls indices révélateurs des essences, comment soutenir encore qu'entre les sciences qui les analysent et la cosmologie qui en fait son point de départ et la base de ses inductions, il n'y a pas de terrain commun, pas de place pour une entente harmonieuse ou une opposition réelle ?

Loin de nous la pensée de révoquer en doute la valeur de tout système cosmologique né avant l'éclosion de la science. Nous l'admettons aisément, une connaissance vulgaire des phénomènes de la nature, l'ordre qui régit l'univers matériel, — ordre dont la constatation ne saurait être l'apanage exclusif du savant, — la finalité qui se traduit si visiblement dans la récurrence invariable des mêmes êtres, enfin l'étude de l'homme d'après les données de la conscience, ont suffi sans doute à manifester à certains génies les causes constitutives du monde corporel.

Mais serait-il sensé de nous condamner à nous servir indéfiniment des instruments de travail rudimentaires de nos devanciers, sous prétexte qu'ils n'ont pas eu l'occasion d'en avoir de mieux appropriés à leurs fins ?

Or, le champ de la cosmologie s'est éclairé de lumières inconnues avant ces derniers siècles ; les phénomènes naturels ont été l'objet de longues et minutieuses études qui en ont révélé les secrets les plus intimes et dissipé une multitude d'erreurs qui avaient infesté l'ancienne physique ; des théories générales sont venues les systématiser et en exprimer l'enchaînement. En un mot, la nature matérielle tout entière se montre sous un jour nouveau. Pourquoi donc le philosophe n'interrogerait il pas cette nature mieux connue ? Pourquoi se refuserait il à bénéficier de ces découvertes qui peuvent donner à son système une base plus solide et plus large ?

Cette méthode, il faut bien le reconnaître, présente d'incontestables avantages.

Il y a plus ; elle s'impose avec une rigoureuse nécessité dans l'état actuel des sciences physiques.

Sans doute beaucoup de physiciens actuels « se résolvent à ne pas voir immédiatement le fond des choses ; ils ne cherchent plus à enlever brusquement ses derniers voiles à la nature, à deviner ses suprêmes secrets » [1]). Sans doute, la physique, comme telle, est en général phénoméniste. Mais le savant reste encore bien souvent doublé d'un philosophe. Après avoir établi les faits et les lois d'après les principes de l'induction scientifique, après avoir fourni ces résultats positifs définitivement acquis à la science et qui seront transmis dans leur intégrité aux générations futures, lui aussi est tenté de céder au secret désir de toute intelligence humaine de connaître le dernier pourquoi des phénomènes analysés. Comme le dit Poincaré, « un jour viendra peut-être où les physiciens

[1]) Lucien Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 18. Paris, Flammarion, 1909.

se désintéresseront de ces questions inaccessibles aux méthodes positives et les abandonneront aux métaphysiciens. Ce jour n'est pas venu ; l'homme ne se résigne pas si aisément à ignorer éternellement le fond des choses » [1]). Ce désir a enfanté l'hypothèse métaphysique. De là résulte, qu'à l'heure présente il n'existe plus, dans l'étude de la nature, une seule branche qui n'ait été couronnée d'une hypothèse philosophique. Tels sont, par exemple, le monisme énergétique d'Ostwald et le phénoménisme de Mach. Telle est la conception unitaire de la matière basée sur la théorie électronique.

Il arrive ainsi facilement que les phénomènes revêtent une enveloppe philosophique dont il faut d'abord les dégager si l'on veut se ménager une orientation certaine dans la recherche des causes constitutives.

Il s'ensuit aussi que déjà, à son point de départ, le cosmologue rencontre des adversaires qui prétendent lui contester la valeur de son induction, sous prétexte que les propriétés corporelles qui en sont le point d'appui, n'ont ni la nature ni la signification qu'il se plaît à leur attribuer. Tels sont les mécanistes pour lesquels les phénomènes se réduisent à de simples mouvements animant une matière partout homogène.

De plus, sur le même terrain où la philosophie traditionnelle avait régné en maîtresse, le mécanisme cartésien s'est développé, jusqu'à la fin du siècle dernier, en poussant de puissantes racines dans toutes les sciences. Il s'est posé audacieusement devant son ancienne rivale en se prévalant d'avoir son arsenal dans les découvertes scientifiques. Et à l'heure présente, le néo-mécanisme n'invoque t il pas, lui aussi, bon nombre de faits scientifiques en faveur de son hypothèse favorite ?

A moins de ne vouloir s'adresser qu'à des convaincus et renoncer ainsi à la recherche désintéressée de la vérité, le cosmologue n'a t-il pas un impérieux devoir de rencontrer ses

[1]) H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 258. Paris, Flammarion, 1909.

antagonistes sur le terrain même où ils prétendent trouver les assises inébranlables de leur édifice cosmologique?

29. Pourquoi joindre à l'exposé des faits la critique du mécanisme? — Ainsi qu'il a été dit plus haut, notre méthode consistera dans l'exposé impartial des faits qui peuvent avoir une portée cosmologique.

Mais il nous paraît très utile de joindre à cette étude l'examen critique du mécanisme cartésien.

Nous voyons dans ce procédé plusieurs avantages.

Le but primordial du mécanisme est d'homogénéiser toutes les propriétés de la matière, de les réduire aux modalités du mouvement local, afin de légitimer de la sorte l'hypothèse de l'homogénéité du *substrat* matériel.

La conception purement mécanique des phénomènes naturels revêt, on le comprend, une importance capitale : elle est la base de tout le système cosmologique. Pour ne point souscrire d'emblée aux conclusions du mécanisme, pour laisser le champ ouvert aux recherches philosophiques, il est donc indispensable de rétablir le sens véritable des propriétés de la matière, de les représenter, non plus sous un aspect unique et incomplet, comme le fait la théorie mécanique, mais avec la totalité de leurs caractères.

Or, il est clair qu'un excellent moyen d'atteindre ce but est de joindre, à l'exposé de chaque fait, la critique des vues mécanistes qui l'ont dénaturé.

En second lieu, le mécanisme cartésien et le néo-mécanisme qui est l'héritier naturel de ses tendances et de sa méthode sont des systèmes d'allure scientifique. Ils ont la prétention de nous fournir une vue synthétique, unitaire de l'univers, qui soit justifiée au préalable par l'interprétation mécanique de *chaque phénomène* particulier.

Force nous est donc de suivre ce système dans le détail des données expérimentales qu'il a mission d'expliquer. L'exposé

des faits nous en donne l'occasion, et nous permet en même temps d'éviter des redites inutiles ou fastidieuses.

En troisième lieu, la discussion approfondie du mécanisme nous paraît une préparation très utile à l'intelligence des grandes thèses de la théorie scolastique. En somme, nous pouvons exprimer l'objet de ce débat dans les trois propositions suivantes :

1° Y a-t-il des qualités dans le monde minéral, ou bien faut-il n'y voir que des modalités d'une même réalité homogène, savoir, le mouvement local?

2° L'activité a-t-elle sa source et son origine dans le fond même de l'être, ou ne lui est-elle qu'une ajoute extrinsèque?

3° Les activités des êtres sont-elles réglées par un principe interne de finalité et d'orientation; suffit-il de leur appliquer les lois rigides de la mécanique?

Or, ces trois doctrines qui résument le thomisme et le différencient essentiellement du mécanisme, on les voit naître, se développer, révéler leur signification réelle et leur grande importance, à mesure que se continuent la description des faits et l'examen de l'interprétation que nous en donne le mécanisme[1]).

[1]) D'autres auteurs adoptent une méthode un peu différente de la nôtre. Les uns suivent, au moins dans ses grandes lignes, l'ordre suivant : l'étendue, le lieu et l'espace qui s'y rattachent — le mouvement local et le temps — la quantité dont les espèces sont l'étendue, l'espace, le mouvement et le temps — l'activité des corps et ses lois — la distinction numérique et spécifique des corps — la nature des êtres minéraux — les systèmes.— Cfr. WILLEMS, *Institutiones philosophicae*, vol. II. Treviris, off. ad S. Paulum, 1906. — LEHMEN, *Lehrbuch der Philosophie*, II. B., *Kosmologie und Psychologie*, Freiburg im Breisgau, Herder, 1911. — DE LA VAISSIÈRE, *Cursus philosophiae naturalis*, t. I, Paris, Beauchesne, 1912. — DE BACKER, *Cosmologia*, Paris, Briguet, 1899. — DONAT. *Cosmologia*, Oeniponte, Pustet, 1913. — LEMAIRE, *Cosmologia sive philosophia mineralium*, Mechlinia, Dierickx-Beke, 1913, etc.

D'autres commencent par l'examen critique du mécanisme et du dynamisme, exposent ensuite le système scolastique, le justifient par les faits et le vengent enfin des critiques dont il est l'objet. — Cfr. MIELLE,

30. Les systèmes. — L'étude de la constitution intime de la matière a donné naissance à plusieurs systèmes :

1° Le mécanisme pur ou traditionnel.

2° Le néo-mécanisme.

3° Le mécanisme dynamique.

4° Le dynamisme.

5° L'énergétique.

6° L'hylémorphisme ou la théorie scolastique.

Dans ce volume, nous ferons successivement l'exposé critique des cinq premiers systèmes.

Un second volume sera consacré à l'étude de la théorie scolastique.

De substantiæ corporalis vi et ratione, Lingonis, Rallet, 1894. — LAHOUSSE, *Cosmologia,* Lovanii, Peeters, 1896. — SCHNEID, *Naturphilosophie,* Paderborn, Schöningh, 1890. — GREDT, *Logica et philosophia naturalis,* Friburgii Brisgoviæ, Herder, 1909. — BEYSSENS, *Naturphilosophie of Cosmologie,* Amsterdam, Van Langenhuysen, 1910 ; etc.

Ces méthodes et d'autres encore peuvent toutes se justifier. Les avantages relatifs qu'elles présentent dépendent des points de vue où se placent les auteurs.

LIVRE PREMIER

Le mécanisme traditionnel

CHAPITRE PREMIER

EXPOSÉ ET ÉVOLUTION HISTORIQUE DE CE SYSTÈME

Le mécanisme remonte à la plus haute antiquité. On en trouve déjà des représentants dans l'école Ionienne. Le premier dont l'histoire nous ait conservé le souvenir est Thalès.

31. **Thalès** (640-548 av. J.-C.) fait dériver le monde d'une seule substance primitive, l'*eau*. Comment s'est faite cette étonnante évolution ? Ce philosophe ne s'en préoccupe point et se contente d'affirmer que tous les êtres, y compris les vivants, ont jailli de cette source unique.

32. **Anaximandre**, qui fut contemporain de Thalès (610-547 av. J.-C.), est aussi partisan d'une évolution cosmique. Mais, d'après lui, l'ensemble des espèces proviendrait d'une matière homogène disséminée à l'origine dans l'espace infini.

33. **Anaximène** (588-524 av. J.-C.).— Pour lui comme pour son devancier, le problème fondamental est le même.

Seulement, il croit trouver dans l'*air* l'élément primordial du cosmos. C'est de cette matière subtile que résulteraient tous les êtres, par voie d'amincissement et de condensation.

34. **Héraclite** (534-475 av. J.-C.) réduit le monde à un flux perpétuel dont l'élément mobile est le *feu* [1]). Il est phénoménaliste et n'attribue d'autre être à cet élément que les évolutions de son devenir.

On le voit, la grande préoccupation de ces premiers mécanistes est de ramener la nature à un minimum de causes. Tous cherchent à expliquer la formation des êtres à l'aide d'un principe unique, d'une seule substance originelle.

C'est l'idée-mère de l'évolution dont s'est emparé le mécanisme moderne.

Par contre, si l'on excepte Héraclite, dont le système d'ailleurs est empreint déjà d'une forte teinte de dynamisme, aucun d'eux ne s'occupe de la question du processus évolutif des choses. « Thalès, Anaximandre, Anaximène, cherchent, dit M. Rivaud, un principe assez vaste pour être riche en puissance de toutes les réalités, assez fécond pour les avoir toutes engendrées. Tous trois procèdent par des affirmations tranquilles que n'accompagne aucune preuve » [2]).

Mais cette lacune sera bientôt comblée.

35. **Empédocle** (495-435 av. J.-C.) fait un large emprunt aux systèmes de ses devanciers.

Avant lui, l'eau, la terre, l'air et le feu avaient été successivement considérés comme fonds originel de l'univers, mais définitivement abandonnés l'un après l'autre, après une période plus ou moins courte. Avec Empédocle, ils reprennent

[1]) Pour les diverses interprétations de la doctrine d'Héraclite, cfr. RIVAUD, *Le problème du devenir et la notion de la matière*, pp. 108-120. Paris, Alcan, 1906.

[2]) RIVAUD, *Le problème du devenir et la notion de la matière*, p. 86. Paris, Alcan, 1906.

leur place d'honneur et deviennent ensemble les principes primordiaux du cosmos.

Ainsi vit le jour cette célèbre théorie des quatre éléments qui ne devait être bannie de la science que par les immortels travaux de Lavoisier [1]).

Tourmenté du désir de pénétrer les secrets de la nature, Empédocle nous décrit par quel mécanisme se fait la naissance et la disparition des êtres.

En réalité, dit-il, rien ne meurt, rien ne naît. Ce qu'on appelle naissance d'une substance est une simple union de particules des quatre éléments qui conservent dans cette association leur être individuel. La disparition d'une substance est la dislocation de l'assemblage, la séparation de ces mêmes particules. Ces phénomènes sont réglés par deux forces qu'il appelle, dans son langage poétique, du nom d'*amour* et de *haine*. Peut-être n'y a-t-il dans ces termes qu'une personnification des forces attractive et répulsive.

En tout cas, ici se dessine déjà une conception chère aux mécanistes modernes : la réduction de tout composé, même vivant, à une simple juxtaposition d'éléments inchangés.

36. Anaxagore (500 av. J.-C.). — D'après ce philosophe, chaque corps contient des particules qui appartiennent à toutes les autres espèces, de sorte qu'à lui seul il est un monde en miniature : « Omnia in omnibus ». Mais dans le mélange primitif, les portioncules matérielles sont si petites, qu'aucune ne révèle ses propriétés distinctives. La seule distinction que l'on puisse placer entre les êtres de la nature provient donc

[1]) Suivant M. Rivaud, « le nom d'Empédocle survit comme celui du créateur de la doctrine des quatre éléments : réputation usurpée. Les pythagoriciens l'avaient devancé. Même nous avons trouvé, en des temps autrement reculés, les premières formes de cette classification qui constate et enregistre le rôle privilégié que la terre, l'air, l'eau et le feu jouent parmi les apparences. Empédocle a le mérite seulement de fixer le vocabulaire ». Cfr. *op. cit.*, p. 183.

des quantités diverses de ce mélange. De la possibilité de modifier ces quantités proportionnelles résulte la possibilité de la transformation des corps.

Fidèle à la doctrine d'Empédocle, Anaxagore recourt au mouvement pour expliquer l'union et la dissociation des particules matérielles ; mais il va plus loin et attribue la cause efficiente de toutes les activités naturelles à un principe supérieur, à un être intelligent. Ce principe est-il immanent ou extérieur au monde ? Anaxagore ne nous donne point de réponse.

37. **Démocrite** (460 av. J.-C.). — Avec ce philosophe, le mécanisme fait un pas immense.

Empédocle et Anaxagore lui-même avaient admis une distinction essentielle entre les principes originels de l'univers. Démocrite, fidèle au système de Leucippe, la supprime et proclame l'homogénéité foncière de la matière.

Les êtres corporels sont constitués de corpuscules infiniment petits, solides et pleins, physiquement indivisibles et éternels. Ces corpuscules diffèrent entre eux de forme et de volume, mais ils partagent une commune nature.

Identité de la matière cosmique et constitution atomique des corps, tels sont les deux dogmes nouveaux dont s'enrichit le mécanisme et que nous retrouverons plus tard dans la dernière phase de son évolution historique.

Quant à la naissance et à la fin de toutes choses, elles s'expliquent suffisamment par le rapprochement ou la dissociation des atomes entraînés dans tous les sens par un double mouvement cahotique d'impulsion et de réaction.

Ce qui décide des propriétés des corps, de la vie et de la mort des êtres animés, c'est uniquement le groupement, la figure et la disposition des atomes, tandis que de leur contact dérivent toute action et toute passion. Le mouvement sous ses formes variées, tel est le principe et le constitutif de tous les phénomènes naturels.

En fondant la diversité des corps sur la diversité de leurs mouvements et de leurs relations interatomiques, Démocrite érigeait à la hauteur d'une vérité scientifique une interprétation des phénomènes que la chimie mécanique actuelle a reprise pour son compte en lui donnant les plus larges applications. En fait, nos formules de structure n'en sont qu'une expression perfectionnée.

En résumé, dans ce système, pas de cause efficiente première, pas de cause finale ; le mouvement est sans but, comme il est sans origine et sans terme : tout a son explication dans les forces ou mieux dans le mouvement éternel de la matière et dans les lois du déterminisme le plus absolu [1]).

« Tout a été dit sur ce système, écrit M. Meyerson, et le moins assurément qu'on en puisse affirmer, c'est qu'il est absolument complet ; tel il est sorti des mains des Grecs du VIe siècle avant J.-C , tel nous le verrons reparaître, presque sans changements ou avec des retouches insignifiantes, chez les philosophes et les savants jusqu'à la fin du XIXe siècle, c'est-à-dire jusqu'à l'instauration des théories électriques de la matière » [2]).

38. Platon (427-347 av. J.-C.). — La théorie platonicienne ne marque pas un progrès dans l'évolution du mécanisme.

Pour Platon, le mouvement est la cause immédiate et unique des transformations de la matière. Il est produit par l'âme du monde et, partant, reste toujours extrinsèque aux corps élémentaires.

Toutes les propriétés naturelles en sont des modes divers.

Les corps sensibles résultent de la combinaison des matières élémentaires et se diversifient par la disposition relative de leurs éléments constitutifs.

[1]) Ch. Huit, *La philosophie de la nature chez les anciens*, p. 309. Paris, Fontemoing, 1901.

[2]) Meyerson, *Identité et réalité*, p. 88. Paris, Alcan, 1912.

Jusque-là, rien qui ne soit en concordance parfaite avec la thèse mécaniste.

Mais Platon y ajoute deux idées qui la modifient profondément.

A la théorie de l'homogénéité de la matière originelle affirmée par Démocrite, il substitue l'hypothèse des quatre corps élémentaires : l'eau, la terre, l'air et le feu.

C'est, on le voit, un mouvement de recul imprimé à la théorie atomistique.

Ensuite, il supprime en fait la réalité des corps simples en les réduisant à des figures géométriques ; car, pour Platon, les matières élémentaires ne sont pas des substances figurées, mais de simples formes découpées dans l'espace et vides de tout substrat réel [1]).

Ajoutons enfin qu'à sa première explication mécanique du monde, il a adapté une interprétation finaliste des plus franches. Platon accorde aux causes finales une si haute importance, que s'il réduit les éléments à des figures planes et régulières, c'est uniquement pour nous montrer que le monde, même dans les êtres les plus infimes, est un chef-d'œuvre d'ordre et de beauté.

39. **Épicure** (342-270 av. J.-C.) est un admirateur enthousiaste de Démocrite.

La constitution atomique de la matière, son homogénéité parfaite, l'identification de tous les phénomènes avec le mouvement local, tels sont aussi les principes fondamentaux de sa physique.

Entre les deux systèmes cosmologiques, une seule différence importante à relever au sujet de la cause du mouvement : dans la théorie Épicurienne, l'atome est automobile. Bien que

[1]) Il est difficile d'établir quelle est, en cette matière, la vraie pensée de Platon. Cfr. Rivaud, *Le problème du devenir et la notion de la matière*, pp. 308 et suiv.

soumis à l'action de la pesanteur qui l'incline à tomber en ligne droite, l'atome possède la faculté de changer la direction de son mouvement, sans qu'aucune cause extrinsèque ou interne ne vienne déterminer cette déviation. Pourquoi cette hypothèse ? Elle devait, dans l'idée d'Épicure, nous fournir la raison de la rencontre et de la combinaison des masses corpusculaires ; d'autre part, elle suffisait à sauvegarder dans le monde matériel cette espèce de liberté qu'il défendit plus tard dans le monde moral.

40. **Époque de transition**. — Après Épicure, et pendant de longs siècles, l'atomisme disparaît presque complètement du monde philosophique.

Jusque vers l'époque de la Renaissance, les alchimistes dont les essais sur la transmutation mutuelle des métaux s'inspiraient du principe atomistique qui fait dériver tous les corps d'une même matière originelle, quelques philosophes de l'École de Chartres, entre autres Guillaume de Conches (1080-1120) [1]) et l'école arabe des Motecallemin [2]), semblent avoir été les seuls représentants de cette antique doctrine.

Plus tard, Sennert en Allemagne et Bacon de Vérulam empruntent à Démocrite les idées maitresses de leur cosmogonie ; Magneu en Italie et Gassendi en France font revivre Épicure.

Ces tentatives de restauration, encore isolées, rencontrèrent bientôt un courant de sympathie dans le monde savant, épris déjà du culte des sciences naturelles mais plein de dédain pour la philosophie scolastique en décadence. D'ailleurs une hypothèse aussi simpliste, si libre de toute donnée métaphysique, et en apparence si bien en harmonie avec les phénomènes naturels, n'est-elle pas naturellement destinée à captiver des intelligences livrées à l'étude des faits ?

[1]) De Wulf, *Histoire de la philosophie médiévale*, Paris, Alcan, 1912.

[2]) Mabilleau. *Histoire de la philosophie atomistique*, p. 331. Paris, Alcan, 1895.

Les esprits étaient donc préparés au système nouveau. Il ne fallait plus qu'un défenseur suffisamment autorisé pour lui rendre son ancien crédit.

Tel fut Descartes.

41. **Descartes** (1596-1650). — Mathématicien avant tout, le philosophe français veut ériger sa cosmologie d'après la méthode géométrique.

« Toute ma physique, dit-il, n'est que géométrie... Je ne reçois point de principes en physique qui ne soient aussi reçus en mathématiques, afin de pouvoir prouver par démonstration tout ce que j'en déduirai » [1]).

Comme cette science débute par les propositions les plus simples, pour arriver par voie de raisonnement et de déduction aux vérités les plus complexes, Descartes recherche quelle est, parmi les attributs distinctifs des corps, la propriété primordiale, la plus évidente et la plus universelle. Il s'arrête à l'étendue. Il nous est permis, ajoute-t-il, de supprimer par la pensée, la dureté d'un corps, sa couleur, sa pesanteur, bref toutes ses qualités, sans qu'il cesse d'être pour nous un corps réel, pourvu toutefois que nous lui conservions son extension en longueur, largeur et épaisseur [2]). L'étendue, voilà donc le premier constitutif du corps, en un mot, son essence.

Ce principe établi, Descartes refuse à la matière les propriétés qui ne peuvent logiquement se déduire de l'analyse de l'étendue.

1° D'abord, c'est à l'activité qu'il s'en prend. Les formes substantielles, les causes finales, les qualités actives sont autant de mythes qu'il faut mettre au ban de la science, car aucun de ces principes internes d'action n'est contenu dans la notion d'étendue.

[1]) Cartesius, *Principiorum philosophiae*, P. II, n. 64, p. 49.
[2]) *Op. cit.* P. II, n. 3, 4, 5.

2° En second lieu, bien que différenciée dans les diverses espèces de la nature sous le rapport de la grandeur, l'extension reste toujours homogène. Ne faut-il pas que la matière dont elle est l'essence le soit au même titre ?

3° Du principe énoncé résulte aussi l'impossibilité métaphysique du vide. Quel qu'il soit, dit Descartes, le vide a nécessairement une certaine étendue. Or cette propriété est le constitutif du corps. Admettre le vide dans le monde reviendrait à identifier cette notion avec la présence de la matière, — ce qui implique contradiction.

4° L'hypothèse des atomes se montre aussi inconciliable avec le principe fondamental de la cosmologie cartésienne. L'étendue mathématique n'est-elle pas divisible à l'infini ? Dès lors, comment les forces de la nature pourraient-elles nous donner des particules insécables ?

Cependant, tout en rejetant les atomes dans le sens absolu du mot, le philosophe français veut bien admettre que les corps sont constitués de portioncules de matière très ténues dont la forme et les dimensions varient d'après la perfection relative des êtres. Telles particules poussiéreuses ont formé le soleil et les étoiles fixes ; d'autres sphériques ont donné naissance à l'éther, d'autres enfin plus grossières composent la terre et les autres planètes.

5° Un point capital restait à élucider : si la matière est homogène et dépourvue de tout principe interne d'activité, elle ne cesse cependant de se modifier. Quelle est donc la cause de ces multiples phénomènes qui se déroulent sous nos yeux ? L'étendue ? Mais la douer d'énergie intrinsèque serait détruire son essentielle passivité. Cette cause est donc extrinsèque. Tous les phénomènes, dit Descartes, ne sont que des formes diverses du mouvement local communiqué par Dieu aux masses matérielles. A l'origine, le Créateur a doté l'uni-

vers d'une certaine quantité de mouvement transformable et transmissible, mais ce mouvement se conserve intrégralement malgré la variation continue de ses modalités [1]). « Le monde, ajoute-t-il, est une machine en laquelle il n'y a rien du tout à considérer que les figures et les mouvements de ses particules. »

Masse homogène et mouvement local, tels sont donc les deux principes constitutifs du cosmos.

Enfin, pour accentuer davantage l'originalité de son système, Descartes indique lui-même par quelle divergence de vues il s'écarte des idées de Gassendi.

a) Gassendi est partisan de la constitution atomique de la matière. Je rejette cette hypothèse [2]).

b) Il admet l'existence du vide. J'ai démontré qu'il était impossible.

c) D'après lui, la pesanteur serait une propriété inhérente aux corps. Je n'y vois que du mouvement relatif, étranger à l'essence corporelle, et communiqué originellement par Dieu à la matière.

La cosmologie cartésienne repose donc tout entière sur le concept mathématique de l'étendue. Au lieu de s'appuyer sur les phénomènes pour s'élever à la connaissance de la nature substantielle, c'est de l'essence même du corps, identifiée avec l'étendue, qu'elle prétend déduire toutes les propriétés corporelles. En substituant l'intuition rationnelle à l'investigation expérimentale, elle a construit, en une synthèse hardie, la nature qu'elle devait analyser. Au reste, Descartes en fait lui-même l'aveu : « Peu m'importe, dit-il, de savoir si

[1]) *Op. cit.* P. II, n. 36.

[2]) Bien qu'on donne souvent encore au mécanisme de Descartes et de son école, le nom d'*atomisme mécanique,* ce serait une erreur de croire que la théorie atomique de la matière soit une doctrine essentielle du mécanisme cartésien. En fait, la théorie mécanique n'a guère revêtu la forme atomistique qu'au cours du XIXe siècle, lorsque la théorie atomique fu adoptée par la généralité des chimistes. Descartes lui-même n'en fut jamais partisan.

les causes que je décris sont les causes réelles des phénomènes cosmiques, il me suffit qu'elles puissent produire des effets semblables à ceux que nous constatons » [1]).

L'influence du philosophe français sur les plus grands esprits de son siècle fut immense. Aussi voyons-nous, après lui, les plus puissants physiciens regarder la théorie, non plus comme un moyen plus ou moins commode de classer les phénomènes et d'en exprimer les lois, mais comme une explication réelle des faits [2]).

42. **Dernière évolution du mécanisme.** — Jusqu'au commencement du siècle dernier, le mécanisme cartésien manquait encore de base scientifique. Bien que mis en œuvre dans la construction des hypothèses physiques, il restait entaché d'un vice originel : il avait été édifié *a priori*, érigé par conséquent d'après une méthode incompatible avec les procédés ordinaires des sciences.

Avec le XIX[e] siècle il entre dans une phase nouvelle, en subissant toutefois certaines modifications exigées par les idées de l'époque. Se refusant à n'y voir qu'une sorte de postulat métaphysique applicable aux sciences naturelles, les savants le proposent au nom des sciences, et croient trouver dans les découvertes scientifiques les preuves péremptoires de sa fécondité et de sa validité.

L'un des faits qui ont le plus contribué au succès et au crédit du mécanisme pur fut l'application, faite par Dalton, de l'hypothèse atomique au domaine de la chimie.

Avant de nous engager dans l'exposé de cette nouvelle phase du système, remarquons d'abord que l'atomisme est un de ces mots à ententes multiples. Plusieurs philosophes auraient évité les justes récriminations des hommes de science

[1]) *Principiorum philosophiae.* P. III, passim.

[2]) Duhem, *Physique et Métaphysique (Revue des Questions scientifiques,* p. 79, juillet 1893).

s'ils avaient eu soin, avant de le critiquer, d'en préciser le sens.

43. Deux sortes d'atomisme. — Il importe en effet de distinguer soigneusement deux sortes d'atomisme : l'un, d'ordre purement scientifique, appelé *atomisme chimique ;* l'autre, d'ordre métaphysique, appelé *atomisme philosophique,* ou simplement *mécanisme.*

Le premier semble en harmonie parfaite avec les faits et ne relève d'aucun système cosmologique. Il en est tout autrement du second.

44. Atomisme chimique. — Résumons les propositions fondamentales de cette théorie :

Deux grandes catégories de substances constituent l'univers matériel : les corps simples et les corps composés ; ceux-ci résultent de l'association des premiers suivant des lois invariables de poids et de volumes.

Corps simple. — La matière est évidemment divisible. A ne considérer que son étendue, elle l'est même à l'infini. En fait, cette divisibilité ne s'étend pas au delà de certaines limites.

Voici un morceau de sodium ; par la lime, le martelage ou le couteau, nous pouvons le réduire en particules déjà bien ténues qui toutes conserveront les propriétés distinctives de ce métal. Ces procédés mécaniques de division sont, de tous, les moins puissants.

Il en est d'autres qui nous permettent de pousser beaucoup plus loin la désagrégation de ce corps. Chauffez en effet les petits fragments obtenus, vous les verrez d'abord se fondre, puis disparaître à l'état gazeux où les portioncules sont si petites que l'œil, aidé même d'instruments d'optique, est impuissant à les discerner.

Êtes-vous arrivé au terme ultime de la division ? Nullement. Il reste encore un agent plus énergique, la force chi-

mique. Sur ce sodium gazeux faites réagir du chlore. Aussitôt, sous l'influence de leurs puissantes affinités, chacune des particules infinitésimales de ces deux corps simples va se diviser en deux parties égales qui deviendront les facteurs immédiats de la combinaison, comme l'indique la formule (Na Cl). Là s'arrête forcément la division ; les forces chimiques de la nature ne peuvent aller au delà.

Les chimistes ont donné le nom d'*atome* à ce terme ultime du fractionnement chimique, terme réellement indivisible par nos énergies chimiques actuelles, doué cependant des propriétés du corps sensible dont il est le plus petit représentant.

La chimie semble être parvenue à déterminer le poids absolu de ces masses infinitésimales, au moins d'une manière approximative. En pratique, on ne fait usage que du poids relatif ; c'est-à-dire, que si l'on désigne par l'unité le poids de l'atome d'hydrogène, on peut affirmer avec certitude que le poids atomique de l'oxygène est 16 fois plus grand, celui du soufre 32, du calcium 40 et ainsi des autres.

Nos quatre-vingt dix corps simples ont donc un poids atomique spécifique.

Constitution chimique du corps simple. — En règle générale, les atomes n'existent pas à l'état d'individualités isolées. Ils ont une tendance à former de petits groupes très compacts de deux, de quatre ou même parfois d'un plus grand nombre d'individus ; et dans ce premier groupement, ils se trouvent unis par des liens si étroits que les agents physiques ordinaires arrivent à peine à les dissocier. Ces petits groupes irréductibles constituent la *molécule chimique* du corps simple. Dans nos éléments gazeux, la molécule est le plus souvent biatomique. Tel est le cas pour le chlore, le brome, l'iode, l'oxygène, l'azote, etc. Celle de l'arsenic et de l'antimoine est tétraatomique. Exceptionnellement, les atomes du zinc, du cadmium et du mercure existent comme tels à l'état de liberté.

A leur tour, les molécules chimiques s'unissent en des intégrations plus complexes, appelées *molécules physiques*.

De l'union de celles-ci résulte finalement le corps sensible.

Corps composé. — Quand il s'agit du composé, il ne peut être question de savoir quel en est l'atome, puisque, par définition même, tout composé résulte de la combinaison de plusieurs corps simples et doit renfermer partant, dans ses parties constitutives les plus infimes, plusieurs atomes d'*espèce* différente. La plus petite individualité représentative de ce genre de corps sera donc la molécule chimique. Ainsi, si l'on soumettait à l'action des forces désagrégeantes un morceau de sel de cuisine, le dernier degré possible d'atténuation nous donnerait une molécule constituée de deux atomes : l'un de sodium et l'autre de chlore (Na Cl). C'est, pour ce composé, la plus petite quantité qui puisse jouir d'une existence isolée.

De même que chez les corps simples, les molécules chimiques, cédant à leurs forces attractives mutuelles, s'associent pour former des molécules physiques plus complexes d'où résulte le corps naturel.

Telle est, dans ses grandes lignes, l'hypothèse de la constitution chimique de la matière.

Conformément à ces idées, le chimiste décrit par le détail les propriétés chimiques et physiques des générateurs, le résultat de la combinaison et les circonstances qui l'accompagnent, les lois qui président aux profondes métamorphoses de la matière. Il donne le signalement de chaque composé en une *formule moléculaire* qui indique les corps simples et le nombre respectif d'atomes contenus dans leur molécule chimique. Telle, par exemple, la formule du gaz carbonique CO_2.

Enfin, des *formules de structure* mettent en relief le jeu des activités atomiques préludant à la formation du composé nouveau.

C'est le sens de la formule de l'acide acétique $\begin{array}{l} C^{O}_{OH} \\ CH_3 \end{array}$.

Ainsi conçue, la théorie atomique appartient exclusivement au domaine des sciences, il n'est même aucun système de philosophie qui ne puisse s'en accommoder. Dégagée, en effet, de toute opinion, soit sur la nature intime des corps élémentaires et de leurs propriétés, soit sur l'essence substantielle de la molécule du composé dont elle se contente de décrire les facteurs immédiats, elle laisse le champ libre aux conceptions philosophiques qui s'étendent à l'au-delà des données expérimentales.

45. L'atomisme philosophique ou le mécanisme. — L'atomisme chimique franchit bientôt les horizons trop étroits que lui avait tracés sa méthode d'induction scientifique.

Il avait emprunté à la philosophie grecque, spécialement à Démocrite, son principe fondamental, à savoir l'hypothèse de la constitution atomique de la matière. Mais pourquoi ne pas en faire revivre le système tout entier? Les conceptions mécanistes dont l'avait enrichi cet antique précurseur de la chimie moderne, d'ailleurs si bien rajeunies dans la théorie cartésienne, n'étaient-elles point la loi immuable imposée à toute science des faits? Stimulée par certaines découvertes, entre autres, l'équivalent mécanique de la chaleur et la loi de corrélation des forces naturelles, la fusion de l'atomisme chimique avec le mécanisme cartésien renouvelé de Démocrite engendra ce vaste système, le mécanisme du XIXe siècle, dont les ramifications embrassèrent la chimie, la physique, la cristallographie et, pour certains savants, la physiologie elle-même.

Il se ramène aux propositions suivantes :

1° Les atomes des corps simples sont des masses homogènes ou de nature identique. Il n'existe entre eux qu'une différence quantitative de matière et de mouvement.

2° Toutes les propriétés corporelles se réduisent au mouvement local. L'affinité chimique, les forces de cohésion et de

répulsion, les énergies physiques, telles la chaleur, l'électricité, etc., résultent de l'association ou des modifications variées des mouvements atomiques.

3° L'entité substantielle de l'atome est d'elle-même inerte, dépourvue de tout principe immanent d'activité. Le mouvement local communiqué constitue, sous des formes multiples, la totalité de son énergie d'emprunt.

4° Pour expliquer le jeu des activités naturelles et la succession harmonieuse des phénomènes matériels, il suffit de faire appel aux lois de la mécanique. La finalité intrinsèque ou l'adaptation substantielle des êtres à des fins déterminées est une fiction inutile à la cosmologie moderne.

5° La molécule de tout composé inorganique ou vivant est un petit édifice construit à l'aide de masses atomiques diverses qui y conservent chacune leur être indestructible. Ces petites masses y acquièrent des positions relatives nouvelles, coordonnent leurs mouvements et déterminent ainsi l'état d'équilibre moléculaire. C'est dans ce changement de rapports réciproques qu'il faut placer la raison dernière des propriétés du composé chimique.

En résumé, l'explication rationnelle de l'univers n'exige que deux facteurs : la *matière homogène* et le *mouvement local communiqué*. Entre la matière et son mouvement, il n'y a donc aucun lien interne nécessaire. D'après M. Rey, le mécanisme n'exclut même pas l'idée de force, mais l'élément matériel et la force sont deux facteurs isolables et de fait isolés dans les théorèmes fondamentaux de la mécanique rationnelle. Il ne peut donc exister entre eux de connexion nécessaire [1]).

La masse des corps pondérables est invariable. Le mouve-

[1]) Rey, *Les idées directrices de la physique mécaniste (Revue philosophique*, avril 1912).

ment, au contraire, subit des métamorphoses incessantes : il se transmet d'un corps à l'autre, augmente ou diminue d'intensité, se transforme en mouvement de translation, de vibration, de rotation, etc., se change en électricité, chaleur, magnétisme, énergie chimique. Toutefois, un principe supérieur domine toutes ces vicissitudes, le principe de la conservation de la quantité globale du mouvement [1]).

46. Importance du mécanisme. — Telle est la théorie cosmologique qui fut en honneur chez la plupart des savants jusque vers la fin du siècle dernier. Elle était tellement la forme dominante de la tendance scientifique de cette époque, qu'un physicien de marque osait affirmer que « si sur le domaine de la science, le suffrage universel avait une valeur effective, il n'y aurait plus lieu de discuter la question » [2]).

Sans doute, au cours de cette période se rencontrent déjà des hommes de science qui gardent en cette matière une prudente réserve.

Plusieurs même reprochent au mécanisme d'accorder à ses théories une valeur ontologique et inaugurent une physique phénoméniste [3]).

D'autres ne voient plus dans les théories physiques que des formules symboliques, de simples méthodes arbitraires de clas-

[1]) Plusieurs auteurs enseignent que l'étendue réelle des corps est un des principes essentiels du mécanisme. Nous ne pouvons partager cette opinion. S'il est vrai que plusieurs représentants très autorisés de ce système affirment l'existence de l'étendue, tels, par exemple, Secchi, Du Bois-Reymond, etc., d'autres aussi, et non de moindre valeur, se font les défenseurs de la simplicité absolue des atomes. Sont dans ce cas : Cauchy, Tait, Thomson, Hartmann, etc. D'ailleurs, les thèses fondamentales de la théorie mécanique que l'on retrouve chez tous les partisans, sont compatibles avec les deux opinions.

[2]) Hirn, *Notion de la force dans la science moderne*, p. 36. — *Analyse élémentaire de l'univers*, p. 57, Paris. — Hirn fut un des rares auteurs qui aient osé, en ce temps, s'en prendre ouvertement au mécanisme.

[3]) Cfr. Rankine, *Outlines of the Science of Energetics (Proceedings of the philosophical society of Glascow)*, III, 1848-1855, § 1, p. 382.

sification et combattent avec énergie le mécanisme traditionnel [1]).

En un mot, vers la fin du dernier siècle apparaissent les premiers symptômes de cette réaction puissante qui devait orienter la pensée scientifique dans deux directions nouvelles : le néo-mécanisme et l'énergétique.

Mais le crédit du mécanisme est encore énorme. Il suffit, pour s'en convaincre, de se rappeler en quels termes le professeur Ostwald faisait le procès de la théorie régnante, au Congrès de Lubeck en 1895. « Chose rare à toute autre époque, disait-il, il règne aujourd'hui, à part quelques divergences, un accord presque complet en ce qui concerne la conception du monde extérieur. Notre siècle est le siècle du naturalisme. Interrogez le premier venu, pénétré des idées naturalistes, depuis le mathématicien jusqu'au médecin praticien ; demandez-lui son avis sur la constitution intime du monde. La réponse sera invariablement la même : « Toutes choses sont formées d'atomes en » mouvement ; ces atomes et les forces qui agissent entre eux » sont les dernières réalités dont se composent les phénomènes » particuliers...La mécanique des atomes peut donner la clef du » monde physique. » Et il ajoute : « Je veux exprimer ici ma conviction que cette manière de voir, malgré son crédit, est insoutenable, que cette théorie n'a pas atteint son but... il faut l'abandonner et la remplacer, autant que faire se peut, par une meilleure » [2]).

Le langage du professeur Cornu, au Congrès de physique qui

[1]) DUHEM, *Physique et métaphysique (Revue des Questions scientifiques*, juillet 1893), p. 79.

[2]) OSTWALD, *Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus* (Discours prononcé au Congrès des naturalistes allemands, tenu à Lubeck en 1895). Ce savant adresse au mécanisme un double reproche : le premier est de faire appel à de multiples hypothèses indémontrables et gratuites ; le second est de ne pouvoir expliquer la liaison qui existe incontestablement entre les phénomènes physiques dans le sens étroit du mot et les phénomènes psychologiques. Cfr. OSTWALD, *L'énergie*, p. 120 et passim. Paris, Alcan, 1910. — *Scientia*, t. I, p. 16. 1907.

eut lieu à Paris en 1900, ne fut pas moins expressif : « L'esprit de Descartes, disait-il, plane sur la physique moderne. Que dis-je, il en est le flambeau ; plus nous pénétrons dans la connaissance des phénomènes naturels, plus se développe et se précise l'audacieuse conception cartésienne relative au mécanisme de l'univers. Il n'y a dans le monde physique que de la matière et du mouvement » [1]).

[1]) Parmi les coryphées de ce système, citons : P. SECCHI, *Unité des forces physiques*. Paris, Savy, 1869. « C'est un principe posé par nous, dit-il, comme fondamental, qu'il suffit de la matière et du mouvement pour expliquer tous les phénomènes connus sous le nom de forces physiques. » — TYNDALL, *La chaleur comme mode de mouvement*, p. 25. — Paris, Gauthier-Villars, 1872. — TAIT, *Esquisse historique de la théorie dynamique de la chaleur*. Paris, Gauthier-Villars, 1870. — BALFOUR-STEWART, *La conservation de l'énergie. La nature de la force*, par P. DE SAINT-ROBERT. Paris, Germer-Baillière, 1879. « Ce principe (de la conservation de l'énergie), écrit-il, est venu donner un appui à une opinion déjà ancienne, suivant laquelle la chaleur, l'électricité, etc., pourraient bien n'être qu'autant de modalités spéciales du mouvement des atomes de la matière... On a de même tenté d'expliquer la gravitation universelle, la cohésion, l'affinité chimique, par le mouvement d'un éther remplissant l'espace. Nous sommes ainsi conduits à ne voir dans la nature que matière et mouvement et ramenés à l'atomisme professé par Démocrite, par Gassendi, par Descartes... Aujourd'hui, c'est une hypothèse que beaucoup de faits sont venus étayer, et qui est bien près de devenir une vérité. »

HELMHOLTZ, *Mémoire sur la conservation de la force*. Paris, Masson, 1879. La force, d'après lui, « est la tendance de deux masses à modifier leur position réciproque. Le mouvement est une modification des rapports d'étendue ou de position, et dans l'univers, les seuls changements possibles sont des changements de position dans l'espace, c'est-à-dire des mouvements ». Cfr. *Revue scientifique*, 1870, n. 6. Malgré ses sympathies réelles pour le mécanisme, Helmholtz critique cependant le dogmatisme exagéré du mécanisme cartésien. Cfr. *Popularwissenschaftliche Vorträge*, vol. I, s. 92. — LE SAGE et PRESTON, *Phil. Mag.* sept. et nov. 1877, février et mai 1878. — Pour TAINE, les corps n'étant que des mobiles moteurs, il n'y a rien de réel en eux que leurs mouvements ; à cela se ramènent tous les événements physiques. Cfr. *De l'intelligence*, t. I, Paris, Hachette, 1878. — HERBERT SPENCER, *Les premiers principes*. Paris, Schleicher, 1902. Pour cet auteur cependant, la substance demeure l'inconnaissable. — BUCHNER, *Force et matière*, Paris, Reinwald, 1884.

BERTHELOT, *Essai de mécanique chimique*. Paris, Dunod, 1879. Au

Telle est l'opinion de M. Meyerson : « Jusque vers la fin du XXe siècle, dit-il, les principes de Descartes ont dominé la

terme de ce grand travail, M. Berthelot résume en ces mots ses vues synthétiques sur la constitution de l'univers : « Au point de vue mécanique, deux données fondamentales caractérisent cette diversité en apparence indéfinie des substances chimiques, savoir : la masse des particules élémentaires, c'est-à-dire leur équivalent et la nature de leurs mouvements. La connaissance de ces deux données suffit pour tout expliquer ». — C'est aussi, avec une certaine réserve, le langage de DU BOIS-REYMOND : « La résolution de tous les changements dans le monde matériel en mouvements d'atomes causés par des forces centrales constantes serait, dit-il, le complément de la science naturelle ». *Ueber die Grenzen des Naturerkennens.* Ailleurs, il déclare ouvertement que la force n'est qu'une abstraction. Cfr. *Untersuchungen über tierische Electricität,* B. I. S 40. Berlin, 1888. Cfr. *Reden.* Leipzig, 1886-1887, pp. 105-106. Il est à remarquer cependant que si cet auteur admet la réductibilité de tous les phénomènes au mouvement local, il voudrait exclure de la physique toute recherche des causes métaphysiques, comme l'exige d'ailleurs la doctrine relativiste. — WURTZ, *La théorie atomique.* — CLERK MAXWELL, *La théorie de la chaleur.* « Quand nous avons acquis, dit-il, la notion de la matière en mouvement, nous sommes incapables d'aller plus loin et de concevoir qu'une addition quelconque possible à nos connaissances, puisse expliquer l'énergie du mouvement », p. 386. 1891. « Quand un phénomène physique, écrit-il (*Nature,* mars 1875), peut être complètement décrit comme un changement dans la configuration et le mouvement d'un système matériel, on dit que l'explication dynamique d'un système est complète. » Cependant, dans certains de ses ouvrages, cet auteur semble plutôt favorable au néo-mécanisme.

W THOMSON, *Conférences scientifiques,* trad. franç., p. 142. 1890. « La théorie cinétique des gaz... constitue un si grand pas dans la voie qui conduit à expliquer, par le mouvement, les propriétés en apparence statiques de la matière, qu'on peut difficilement s'empêcher de pressentir la création d'une théorie complète de la matière, dans laquelle toutes ses propriétés apparaîtront comme de simples attributs du mouvement ». *Œuvres de H. Davy,* vol. II, p. 11. — DE THIÉRY, *Introduction à l'étude de la chimie,* p. 446. Paris, Masson, 1906. « Que cette matière primordiale, dit-il, s'appelle le *principium,* ou qu'elle porte le nom de *pantogène* que lui a donné Hinrichs, la matière est une, la condensation de cette matière primitive et la nature de son mouvement en s'effectuant sur des bases distinctes donnent naissance à des éléments différents ; elle est partout la même... partout elle se meut, partout elle vibre, et ces mouvements, qui nous apparaissent comme inséparables de la matière, sont également l'origine

science de la manière la plus absolue : on ne saurait citer un savant de quelque renom qui s'en soit sciemment écarté » [1]).

D'ailleurs, malgré le caractère phénoméniste assez généralement imprimé à la science moderne, on peut se demander si la tendance de la plupart des physiciens actuels diffère, autant qu'on le croit ordinairement, de la tendance cartésienne.

En réalité, la réduction à l'unité reste encore l'une des principales préoccupations des hommes de science. A l'heure présente, on se plaît à regarder l'unité de la matière comme une des conséquences inévitables de la théorie électronique. Or, cette théorie, on le sait, envahit le domaine de la physique, de la chimie et en général des sciences naturelles. « Il est permis de déclarer, dit avec à-propos M. Meyerson, que la science tend véritablement à réduire tous les phénomènes à un mécanisme ou à un atomisme universel, en définissant ces termes de manière à inclure les théories électriques, et en se rappelant que la causalité de l'être exige que les particules élémentaires soient faites d'une matière unique et que celle-ci ne possède

de toute force physique et chimique ». — A. DITTE, *Introduction à l'étude des métaux*. Paris, Société d'études scientifiques, 1902 ; etc., etc.

Il est vrai que parmi les partisans du mécanisme un assez grand nombre se servent couramment dans leurs écrits de la notion de force. Mais il importe de ne pas se fier à cette terminologie si l'on veut connaître la pensée intime de ces auteurs. Le mot « force » est en effet susceptible de sens multiples, et très souvent, en mécanique surtout, il n'est nullement synonyme de qualité proprement dite, de principe d'activité distinct de la masse et du mouvement qu'il peut produire ou qui accompagne son exercice. Tel est notamment le cas pour la *force vive* dont l'expression est la moitié du produit de la masse par le carré de la vitesse : $\frac{m v^2}{2}$.

Actuellement encore, la tendance des physiciens est de considérer la force comme un simple coefficient numérique.

Notons enfin que plusieurs mécanistes ne prétendent nullement bannir la force de l'explication des phénomènes matériels. Mais pour eux, toutes les forces ont un caractère purement mécanique et se trouvent de la sorte destinées à produire uniquement du mouvement local. Cette opinion qu'on appelle d'ordinaire *atomisme dynamique*, ou mieux *mécanisme dynamique*, sera plus tard l'objet d'un examen spécial.

[1]) MEYERSON, *Identité et réalité*, p. 90. Paris, Alcan, 1912.

qu'un minimum de qualités, de manière à pouvoir être, dans une certaine mesure, confondue avec l'espace ou son hypostase, l'éther » [1]). « L'opinion scientifique, dit-il encore, subit une puissante poussée vers les doctrines atomistiques, qui toutes supposent l'unité de la matière » [2]).

Tel est enfin l'avis de A. Righi. Pour lui, certaines découvertes récentes « doivent modifier radicalement nos conceptions philosophiques fondamentales ». « Les électrons sont les atomes de la substance primordiale inconnue appelée électricité, ou mieux électricité négative, et en même temps, suivant l'opinion désormais unanime, les éléments constitutifs des atomes de la matière. C'est en eux, et dans leurs mouvements, que résident les causes premières de tous les phénomènes du monde physique » [3]).

47. Le double sens des termes « théorie mécanique ». — Il importe de distinguer les deux acceptions de la théorie mécanique, l'une philosophique, l'autre physique. Les transformations de la seconde peuvent être très profondes sans entraîner le moindre changement dans la première.

Entendue au sens *philosophique*, la théorie mécanique ou le mécanisme pur se résume en ces deux idées : homogénéité de la matière et réduction de toutes les propriétés au mouvement.

Entendue au sens *physique*, la théorie mécanique est une théorie qui cherche à rendre intelligible le monde physique au moyen de certaines représentations spéciales — notamment, les espaces et les temps homogènes, les déplacements, les forces, la vitesse, les accélérations, les masses, etc. — auxquelles s'ajoutent un certain nombre de principes généraux relatifs à ces éléments figurés. Sous ses différentes formes, elle conserve toujours le mouvement local comme l'élément figuratif fondamental, mais elle ne cesse d'évoluer. Ainsi, pour ne citer que quelques

[1]) Meyerson, *ouv. cité*, p. 463.
[2]) Meyerson, *ouv. cité*, pp. 96-98.
[3]) A. Righi, *La nature des rayons X.* (*Scientia* B. 15, n. 33-1 ; 1914, pp. 31 et suiv.) — Cfr. Sir Lockyer, *L'évolution inorganique*, passim. Paris, Alcan, 1905.

exemples : actuellement, la plupart des physiciens n'admettent plus l'ancien dogme de l'invariabilité de la masse; ils croient au contraire que la masse varie et même rapidement à mesure que la vitesse se rapproche de celle de la lumière. De même l'inertie n'est plus considérée comme une propriété inhérente à la matière pondérable, mais comme ayant son origine dans la résistance du milieu ou du champ électromagnétique. Le principe de la conservation de l'énergie et le principe de Carnot sont aussi des innovations de la plus haute importance [1]).

Or, on le voit, les deux dogmes philosophiques de la théorie mécanique peuvent parfaitement se concilier avec ces conceptions nouvelles et avec bien d'autres changements que la théorie physique pourrait subir.

Cependant, il y a entre les deux théories un lien de parenté qui justifie la communauté de nom : c'est le rôle attribué au mouvement local ou au déplacement dans l'espace.

[1]) Cfr. Rey, *La philosophie moderne*, p. 159. Paris, Flammarion, 1911.

CHAPITRE II

EXAMEN DU MÉCANISME TRADITIONNEL

Une théorie ne prend rang dans la science qu'à la condition de pouvoir rendre compte des faits qu'elle a mission d'expliquer, ou du moins, de n'être en opposition manifeste avec aucun d'eux.

Cette condition est-elle remplie par le mécanisme ?

ARTICLE PREMIER

Faits de l'ordre chimique

§ 1er

Les poids atomiques

48. Diversité et constance des poids atomiques. — On donne le nom d'*atome* à la plus petite quantité de matière qui puisse représenter un corps simple.

Bien que d'une petitesse infinitésimale, l'atome possède cependant un poids relatif nettement déterminé [1]).

1) « De nombreuses expériences, écrit Nernst, nous ont appris que, ni dans les changements physiques d'une substance, ni dans ses transformations chimiques, on n'observe une variation de sa masse... En faveur de l'exactitude de cette proposition témoignent une multitude d'analyses et de synthèses chimiques. » Nernst, *Traité de chimie générale*. Première partie, p. 6. Paris, Hermann, 1911. — « On pourrait penser, dit-il encore, que la notion de l'atome doit être ébranlée par la théorie de la radioactivité... Mais il faut bien insister sur ce que l'idée de l'atome dans les phénomènes physiques et

Des quatre-vingt-dix corps élémentaires actuellement connus, il n'en est même aucun qui n'ait son poids atomique spécifique. Aussi, en tenant compte de la valeur croissante de leurs masses atomiques, le chimiste les a rangés en une échelle continue qui s'étend de l'hydrogène, dont le poids est représenté par l'unité, à l'uranium dont l'atome équivaut à 238,5. L'atome de l'oxygène, par exemple, pèse 16, celui du soufre 32, du zinc 65, de l'argent 108, de l'or 196, etc.

Ces masses diffèrent donc considérablement les unes des autres par la quantité relative de matière qu'elles renferment. Néanmoins, chose étonnante, l'une n'est pas plus susceptible de fractionnement que l'autre, et l'énorme masse atomique de l'uranium conserve aussi bien son intégrité, au sein des réactions chimiques, que la plus petite portioncule d'hydrogène [1]).

49. Critique de l'explication mécanique. — Cette persistance constante des poids atomiques, malgré leur grande diversité quantitative, demande une cause. Quelle est-elle ?

Dans la théorie mécanique, on ne peut, pour justifier ce fait, faire appel qu'à deux réalités : la masse et le mouvement local ; car l'univers matériel se réduit à ces deux seuls facteurs.

La masse, nous dit-on, est homogène. Parfait. Mais si la matière de tous les corps est partout la même, pourquoi n'est-elle pas partout divisible de la même manière ? D'où vient que

chimiques ordinaires persiste après comme avant, puisque nous ne connaissons aucune voie ni moyen d'influencer cette division des atomes qui est toute spontanée. » *Ouv. cité*, p. 477.

[1]) « Les résultats donnés dans les derniers temps par l'étude de la radioactivité, de la spectroscopie et des rayons cathodiques permettent de considérer comme probable que les atomes chimiques ne sont pas simples, qu'ils sont composés de particules distinctes, d'électrons ; l'atome d'hydrogène contiendrait environ 2000 de ces électrons. Mais cela ne change rien à la conclusion ci-dessus, car on ne connaît pas de réaction où le chimiste puisse *provoquer* une action *chimique* de ces électrons. » Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, p. 12. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

dans chaque corps, la division s'arrête forcément à ces limites différentielles qui circonscrivent les masses atomiques ? Placer dans l'homogénéité de la matière la raison explicative de la diversité constante de ces poids, n'est-ce pas rattacher une diversité d'effets à une identité absolue de cause ?

Le second facteur est le mouvement local. D'après la théorie, les atomes des différents corps simples possèdent une quantité propre de mouvement, et ce mouvement inaliénable, cause de toutes les propriétés distinctives de l'atome, est aussi l'agent protecteur de l'intégrité de sa masse. L'invariabilité des mouvements spécifiques, tel serait donc le principe explicatif du fait. La chimie confirme-t-elle l'hypothèse ?

S'il est pour le chimiste un fait évident, c'est bien la variabilité constante des mouvements atomiques. Pas une seule réaction ne se produit sans qu'ils ne subissent des changements. Et lorsqu'il s'agit de corps doués de grande affinité mutuelle, les atomes perdent parfois une somme si considérable de chaleur, d'électricité et en général d'énergie, qu'ils restent insensibles aux réactifs les plus puissants. C'est le cas, par exemple, pour le sulfate de Baryum $BaSO_4$, l'un des corps les plus inertes du monde inorganique. Bien que les atomes qui le constituent soient très actifs à l'état de liberté, ils sont comme frappés de mort au sein de cette synthèse nouvelle, tant la réaction chimique leur a fait perdre de leurs mouvements respectifs.

Or c'est la loi de tous les atomes de pouvoir passer par ces vicissitudes multiples qui dépriment ou réduisent à un minimum d'intensité leur énergie native [1]).

[1]) Pour M. Vignon, la conservation de ces mouvements spécifiques serait même impossible en dehors des cas de combinaison.

« Le Mécanisme, dit-il, va nous dire que les corps simples sont caractérisés surtout par la forme de leur vibration atomique typique.. Voudra-t-on bien nous dire comment cette vibration s'est établie sans force spécifique ? Si elle s'est établie par hasard, voit-on vraiment dans sa conservation l'effet des chocs atomiques ? Pour nous, l'effet de ces chocs serait exactement

Les mouvements tutélaires de l'intégrité atomique étant donc essentiellement variables et réductibles, comment se fait-il que les masses élémentaires, une fois dépouillées de ces agents protecteurs, triomphent toujours de toutes les forces physiques et chimiques qui tendent à les fractionner ? Au moins, les grosses masses, semble-t-il, comme celles du plomb 207, ou du mercure 200, devraient s'éparpiller en fragments plus ténus. Il n'en est rien cependant ; l'expérience nous le prouve.

Cette difficulté est très grave pour le mécanisme. Le P. Secchi, l'un des défenseurs les plus autorisés de la théorie, confessait volontiers « que jusqu'ici, l'on n'a pas encore fourni la raison de la diversité constante des poids atomiques » [1]).

50. **Objection.** — Actuellement, de nombreux savants se demandent si nos atomes chimiques ne sont pas eux-mêmes des produits de condensation progressive d'une matière primitive homogène, disséminée, à l'origine, dans l'espace en particules infinitésimales. Or, cette hypothèse admise, on comprendrait sans peine que les puissantes énergies dont disposait la nature au commencement des temps aient pu agglomérer la matière en particules, de masse différente, mais assez stables pour résister désormais aux influences de nos forces amoindries de désagrégation [2]).

inverse. Plaçons de l'hydrogène dans un ballon. Les chocs des atomes H contre les parois du ballon auront vite fait de déranger ces admirables vibrations spécifiques, que des chocs avaient réalisées, si les chocs réciproques de ces atomes ne sont pas déjà des causes très suffisantes de perturbation. Quand nous retrouverons notre gaz, ce ne sera plus de l'hydrogène, car les atomes n'auront pas conservé leur vibration spécifique. » Cfr. Vignon, préparateur de zoologie à la Sorbonne, *La notion de force, le principe de l'énergie et la biologie générale*, p. 30, Paris, 1900.

[1]) P. Secchi, *L'Unité des forces physiques*, p. 133. Paris, Savy, 1869.

[2]) « Les propriétés des différents éléments, dit Spencer, résultent d'une différence d'arrangement provenant de la composition et recomposition d'unités ultimes homogènes. » Cfr. *Contemporary Review*, juin 1872.

C'est aussi la pensée qu'a développée le célèbre chimiste Crookes à

Ce n'est pas le lieu de discuter la valeur de l'hypothèse. Quel qu'en soit le bien fondé, elle recule la question sans la résoudre.

En dépit des circonstances de leur formation, nos masses atomiques actuelles resteraient homogènes et les mouvements internes dont elles seraient animées subiraient la loi inéluctable de la variabilité.

Pas de choc, nous dit la mécanique, sans perte de mouvement. Si nos atomes chimiques sont eux-mêmes des agrégats, c'est aux dépens de leurs parties constituantes que se fera cette perte d'énergie dont témoignent à l'évidence nos réactions chimiques. Sinon, quel serait le support du mouvement? Soumis comme tous les autres à des variations infinies, les mouvements primitifs, intérieurs à l'atome, finiront par céder à la loi du nivellement de l'énergie, et avec eux disparaîtra la prétendue cause de la stabilité atomique.

D'ailleurs, à douer l'atome d'un mouvement spécifique, inaliénable, on arrive à renier l'un des principes fondamentaux de la théorie, à savoir l'homogénéité de la matière. Proclamer l'identité absolue de tous les substrats matériels, et en faire en même temps le siège d'exigences spéciales ou d'aptitudes spécifiques à l'égard de telle ou telle quantité de mouvement, revient à accorder à un même sujet deux attributs contradictoires. Une matière universellement homogène doit s'accommoder d'un mouvement quelconque et n'en réclamer aucun de préférence à un autre. En un mot, il faut de toute nécessité qu'elle soit indifférente.

Birmingham, en septembre 1886, devant la section chimique de l'Association britannique. — Item cfr. I. Jarkovski, *Hypothèse cinétique de la gravitation universelle* en connexion avec la formation des éléments chimiques. Moscou, 1888.

L'hypothèse de la complexité de l'atome chimique a reçu une puissante confirmation de la découverte de la radioactivité de la matière. La théorie électronique, qui tend à rendre compte de ce phénomène, semble répondre aux exigences des faits. Aussi, à l'heure présente, presque tous les physiciens regardent l'atome chimique comme un édifice très complexe. Cfr. plus haut. Art. II. *La Constitution de l'atome chimique*, p. 9.

§ 2

L'affinité chimique

51. Notion de l'affinité. — Le monde inorganique résulte des combinaisons variées de quatre-vingt-dix corps simples environ. Toutefois, ces associations ne se font pas au caprice du hasard. Chaque corps a ses tendances propres, ses préférences marquées que la nature comme le chimiste doit respecter.

Certains éléments ont une sympathie mutuelle si prononcée qu'il suffit de les mettre en contact pour en déterminer l'union.

D'autres veulent bien aussi se combiner, mais à la condition qu'on supprime au préalable certains obstacles qui s'opposent à l'essor spontané de leurs activités, tel le frottement chimique ou l'union trop étroite des atomes dans la molécule.

Plusieurs ne s'unissent que moyennant l'apport d'une certaine quantité de chaleur.

Quelques-uns ont une aptitude si faible qu'ils ne cèdent que dans des circonstances exceptionnelles et ne réalisent que des unions précaires.

Il en est enfin dont l'antipathie mutuelle est réellement invincible, quel que soit le moyen employé pour en triompher.

Cette propriété, en vertu de laquelle les corps tendent à former des composés déterminés, s'appelle « affinité ».

Longtemps les chimistes la définirent : « l'aptitude des contraires à la combinaison » [1]). C'est un fait digne de remarque que les unions les plus naturelles, les plus spontanées se forment surtout entre les éléments dont les propriétés physiques et chimiques diffèrent davantage.

Wurtz avait trouvé un mot très expressif pour la désigner en l'appelant « force élective ». « L'affinité, dit-il, c'est l'énergie chimique ; elle détermine l'intensité et le sens des réactions » [2]).

[1]) Henry, *Précis de chimie*, t. I, p. 57. Louvain.
[2]) Wurtz, *La théorie atomique*, p. 165.

Actuellement, la plupart des chimistes interprètent dans un sens plus large cette notion d'affinité. Ils comprennent sous ce nom, non seulement la force chimique qui unit les atomes hétérogènes dans la molécule du composé, mais aussi la force attractive qui s'exerce entre les atomes homogènes d'un même corps. D'après cette opinion, il y aurait donc de l'affinité entre les deux atomes d'hydrogène constitutifs de la molécule H_2 comme entre les deux atomes de chlore et d'hydrogène dans la molécule HCl. En un mot, l'hétérogénéité ne serait plus une condition nécessaire de l'affinité [1]).

A la suite de Berthelot, les chimistes avaient cru découvrir, dans la quantité de chaleur dégagée par les combinaisons, la mesure de l'affinité des éléments qui y concourent. « Tout changement chimique, accompli sans l'intervention d'une énergie étrangère, disait le chimiste français, tend vers la production du corps ou du système de corps qui dégage le plus de chaleur » [2]).

Ce principe, appelé par son auteur « principe du travail maximum », fut longtemps considéré comme exprimant la véritable orientation des activités chimiques, le sens suivant lequel elles doivent se produire. Il est pour le chimiste, disait Gautier, d'une souveraine importance parce qu'il permet de prévoir et de prédire les combinaisons [3]).

[1]) Cette conception unitaire de l'affinité est loin de s'imposer. Il eût été plus logique d'admettre, en conformité d'ailleurs avec les faits, que les atomes peuvent s'unir suivant deux sortes de forces : les atomes homogènes sont groupés par les forces attractives ordinaires ; les atomes hétérogènes se combinent sous l'influence des attractions et répulsions électriques. La théorie électronique nouvelle, les phénomènes de l'électrolyse, l'interprétation des complexes sont autant de faits qui nous ramènent à l'hypothèse dualistique d'après laquelle, un rôle considérable doit être accordé au caractère positif et négatif des substances réagissantes. Cfr. NERNST, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 324. Paris, Hermann, 1911.

[2]) BERTHELOT, *Essai de mécanique chimique*, t. I, p. 29. Paris, Dunod, 1879

[3]) GAUTIER, *Cours de chimie*, t. I, p. 28. Paris, Savy, 1887.

52. Le dégagement de chaleur n'est pas une mesure adéquate de l'affinité. — Malheureusement, cette règle si simple et si utile pour la prévision des phénomènes chimiques, manque de rigueur scientifique et se trouve même contredite par des faits nombreux.

On connaît des réactions qui se font spontanément en absorbant de la chaleur. Tels sont, par exemple, les mélanges réfrigérants [1]).

Il y a ensuite les phénomènes d'équilibre et les actions réversibles. Lorsqu'on met dans un bocal de la vapeur d'iode et de l'hydrogène, la combinaison commence immédiatement et nous donne $H_2 + Io_2 = 2\ HIo$. Mais la formation de l'acide HIo ne se continue pas jusqu'à ce que tout l'hydrogène et tout l'iode soient combinés. Après un certain temps, l'action cesse et l'on trouve dans le bocal, une certaine quantité d'hydrogène et d'iode libre, et une certaine quantité d'acide iodhydrique. Si la pression et la température restent constantes, le rapport entre ces deux quantités ne change plus ; il s'établit un équilibre chimique, en ce sens que le nombre de molécules HIo qui se forment est égal au nombre de molécules du même acide HIo qui se décomposent. Il se fait donc deux actions chimiques inverses et simultanées [2]).

Or dans le cas d'équilibre, la plus légère modification apportée soit à la température, soit à la pression, suffit pour orienter

[1]) Un mélange d'acide chlorhydrique et de sulfate de sodium cristallisé détermine un froid considérable. Pour sauvegarder son principe, Berthelot distinguait, dans les cas de ce genre, deux sortes de phénomènes thermiques, l'un d'origine chimique, l'autre d'origine physique provenant d'un changement d'état. L'absorption de chaleur était due, d'après lui, non pas à l'action chimique, mais au phénomène physique. M. Brunhes regarde cette distinction comme fondée, car ces deux énergies, l'une chimique, l'autre physique sont de qualité différente. Cfr. BRUNHES, *La dégradation de l'énergie,* p. 174. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) HERZ, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique,* p. 99. Gauthier-Villars, 1909.

la réaction chimique dans le sens de la combinaison ou dans le sens de la décomposition [1]).

D'autre part, il est clair que si la formation d'un corps dégage de la chaleur, la décomposition doit en absorber une quantité équivalente, en vertu de ce principe, qu'un corps, en se décomposant, reprend toute la chaleur qu'il avait perdue en se combinant.

53. **Portée exacte du principe de Berthelot.** — Les exceptions possibles au principe de Berthelot sont donc nombreuses. S'ensuit-il qu'il faille rejeter ce principe comme inutile ? Et surtout faut-il en conclure que l'affinité chimique ait perdu toute son importance ?

« Nous ne pouvons, dit Nernst, nous dispenser d'ajouter cette indication en faveur de la généralité du principe de Berthelot,

[1]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, p. 294. Paris, Joannin, 1903. Ces actions réversibles ou équilibres chimiques se présentent, mais à des degrés différents, dans tous les systèmes *homogènes*, c'est-à-dire dans les systèmes formés entièrement, soit de corps gazeux, soit de liquides et de solutions capables de se mélanger complètement. Elles sont réglées par une loi appelée *la loi de l'action chimique des masses*, loi d'après laquelle l'action chimique d'un corps est proportionnelle à sa concentration. Cfr. Herz, *Les bases physico-chimiques*, pp. 99-100. Cette loi nous montre, dit Ostwald, « que le résultat d'une réaction dépend de la masse relative ou plus exactement de la concentration aussi bien que de la nature du corps ». Cfr. Ostwald, *L'évolution d'une science, la chimie*, p. 213. Paris, Flammarion, 1909.

Les actions réversibles ou équilibres chimiques se rencontrent aussi dans les systèmes *hétérogènes*, c'est-à-dire dans les systèmes formés d'un ensemble de corps qui ne sont plus répandus uniformément dans le milieu où se passe la réaction. Tel est, par exemple, le système formé par un liquide et un corps gazeux, ou bien par plusieurs corps solides, ou bien encore par plusieurs liquides non entièrement miscibles, etc. Cette sorte d'équilibre est régie par « *la règle des phases* » qui détermine à quelles conditions l'équilibre peut être maintenu, ou, si l'on veut, à quelles conditions la combinaison et la décomposition peuvent se faire simultanément, avec une égale vitesse. Il ne s'agit pas ici d'équilibres physiques.

De nombreux systèmes hétérogènes donnent lieu à des réactions complètes et définitives. Ce cas se présente chaque fois qu'un produit est insoluble ou volatil. Le corps volatil qui disparait et le corps insoluble cessent d'être des masses actives. Cfr. Herz, *Les bases physico-chimiques*, p. 119.

que, dans l'ensemble, la *probabilité* des réactions qui dégagent de la chaleur est beaucoup plus grande que celle des réactions qui en absorbent, et qu'ainsi, *bien souvent, le sens des forces chimiques concorde avec celui suivant lequel un phénomène chimique se fait avec dégagement de chaleur*. Cette règle que nous ne pouvons admettre comme une loi naturelle absolue, se vérifie cependant trop souvent pour que nous la passions sous silence ; il ne serait pas plus absurde de l'admettre comme absolue que de n'en tenir aucun compte » [1]).

Telle est aussi la pensée de Brunhes : « A force de discuter des réactions d'équilibre, on a parfois méconnu le grand fait aperçu par Thomson et mis en lumière par Berthelot, que les réactions chimiques se passent de préférence dans un sens » [2]).

Suivant Urbain et Sénéchal, « le principe du travail maximum apparaît comme une règle qui, sans être absolument générale, englobe la grande majorité des cas ». « Berthelot, ajoutent-ils, avec le sens profond des phénomènes chimiques qui caractérisait son génie, avait trouvé dans son principe du travail maximum, la méthode d'approximation la plus pratique qui ait encore été proposée ». « En réalité, le principe de Berthelot serait rigoureux si la chaleur de réaction *purement chimique* — c'est-à-dire abstraction faite des changements d'état physique qui accompagnent le plus fréquemment la réaction — était entièrement transformable en travail mécanique » [3]).

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 2e partie, p. 294. Paris, Hermann, 1911. — Reychler, *Les théories physico-chimiques*, 3e éd., p. 452. Bruxelles, Lamertin, 1905.

[2]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 177. Paris, Flammarion, 1908.

[3]) Urbain et Sénéchal, *Introduction à la théorie des complexes*, p. 43. Paris, Hermann, 1913. — De Thierry, *Introduction à l'étude de la chimie*, p. 211. Paris, Masson, 1906. — En fait, ce n'est qu'au zéro absolu que le travail maximum et l'effet thermique sont identiques. « A cette température, le principe de Berthelot est absolument rigoureux, puisqu'il ne peut se produire que des réactions exothermiques et totales. » Cfr. Nernst, *op. cit.*, t. I, p. 293. C'est aussi pourquoi le principe du savant français est le plus souvent d'accord avec les faits lorsque les réactions chimiques se produisent

Si donc, l'on considérait comme mesure de l'affinité, non plus la chaleur dégagée, mais la variation de l'énergie utilisable que le système est apte à produire, ou le travail maximum qu'on peut en obtenir, les résultats seraient rigoureusement exacts. « La possibilité d'une réaction, écrit Van 't Hoff, est liée à la possibilité de produire du travail » [1]).

La vieille notion d'affinité peut donc être maintenue, à condition de la préciser au moyen des données de la thermodynamique. « Il me paraît intéressant d'observer, dit Perrin, qu'au fond, en introduisant la notion de potentiel, Gibbs a repris et précisé, en l'étendant au cas général des mélanges homogènes, la vieille notion d'*affinité chimique*. Ce terme expressif ne doit pas être abandonné. On disait en un langage certainement trop vague, qu'un corps a beaucoup d'affinité pour un autre lorsque leur union, à travail extérieur nul, dégage beaucoup de chaleur » [2]).

54. Vrai caractère de l'affinité. — Malgré la conception nouvelle de l'affinité, il reste vrai, comme l'affirmait le chimiste Wurtz, que les corps ont leur affinité élective, caractéristique, leur cercle d'éléments sympathiques, et que l'union des

à des températures relativement basses. Il perd de sa rigueur à mesure que les températures s'élèvent, en sorte, qu'aux températures très hautes, les corps endothermiques se forment et les corps exothermiques se décomposent. Cfr. Van 't Hoff, *La chimie physique et ses applications*, p. 25. Paris, Flammarion, 1903. — Duhem, *L'évolution de la mécanique*, p. 293. — Picard, *La science moderne*, p. 206. Paris, Flammarion. — Solet. *Dynamique chimique*. – (Wurtz, *Dictionnaire de chimie*, 2e supplément, p. 333).

[1]) Van 't Hoff, *La chimie physique et ses applications*, p. 24. — Le chlorure de phosphonium PH_4Cl, corps solide, se décompose spontanément à température ordinaire et donne naissance à deux corps gazeux : PH_3 et HCl, en absorbant une quantité considérable de chaleur. Mais ce corps exerce, dans le fait de sa décomposition, une pression d'environ vingt atmosphères. Il y a, dans ce cas, une production de travail mécanique, sans dégagement de chaleur, et c'est la possibilité même de ce travail qui régit le sens de la réaction. *Op. cit.*, p. 24.

[2]) Perrin, *Traité de chimie physique*, Les principes, p. 244, Paris, Gauthier-Villars, 1913.

agents chimiques, loin d'être capricieuse, est soumise à des règles déterminées. Mais l'expérience le prouve, pour être élective, l'affinité n'est nullement indépendante. L'action des masses, la température et la pression sont autant de facteurs dont il faut tenir compte quand on veut déterminer quelles sont, pour une réaction chimique donnée, les conditions d'exercice de l'affinité, les limites de son action, les circonstances où cette action cesse et fait place à une réaction inverse. « Les réactions chimiques, dit Ostwald avec raison, sont déterminées par d'autres facteurs que par la nature des corps seule » [1]).

D'ailleurs, il est clair « qu'une combinaison chimique doit être considérée comme un état d'équilibre entre les forces extérieures qui entourent un corps et les forces intérieures que ce corps contient » [2]).

Ainsi conçue, l'affinité peut être considérée comme l'une des propriétés les plus importantes de la matière. Selon Arrhénius, « le problème de l'affinité, qui est celui de la cause des réactions chimiques, est le problème central de la chimie » [3]).

55. Conception mécanique de l'affinité. Son insuffisance. — Le monde, nous disent les partisans de cette théorie, à la suite de Descartes, est une vaste machine dont toutes les activités sont réglées par les lois de la mécanique. Des masses homogènes et du mouvement suffisent à en expliquer le jeu. Deux corps donnés auront donc de l'affinité l'un pour l'autre si leurs mouvements peuvent s'harmoniser, s'enchevêtrer, déterminer enfin un état d'équilibre stable.

On le comprend, la tendance des éléments devient ici tout extrinsèque ; elle dépend exclusivement de l'impulsion communiquée aux atomes et de la direction qui en résulte.

[1]) Ostwald, *L'évolution d'une science*, La chimie, p. 206, Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Le Bon, *L'évolution de la matière*, p. 282, Paris, Flammarion, 1912.

[3]) Arrhénius, *Conférences sur quelques thèmes choisis de chimie physique*, p. 43, Paris, Hermann, 1912.

S'il en est ainsi, pourquoi des collisions intenses n'auraient-elles pas lieu entre des corps quelconques dont on peut, à son gré, ménager la rencontre? Se peut-il que des atomes, transportés par le mouvement purement mécanique dans une même sphère d'action, se refusent toujours à échanger leurs activités, malgré tous les efforts tentés pour vaincre leur absolue indifférence?

56. Objection. — On nous dira peut-être, que la possibilité d'une rencontre ou même d'une collision atomique ne garantit pas encore la possibilité d'une combinaison. D'après la théorie, en effet, l'union des corps réagissants réclame en plus, pour s'établir, l'harmonisation des mouvements, ou mieux, l'équilibre interatomique.

Quelques considérations, empruntées à la thermodynamique, nous montreront aisément combien est vaine cette échappatoire.

D'après M. Perrin, un centimètre cube d'air, pris dans les conditions normales, contient 30 milliards de milliards de molécules. Chacune de ces molécules est déviée de sa course, par suite des chocs qu'elle subit, 5 milliards de fois par seconde [1]). Chiffre bien respectable, sans doute. Il est clair que dans ce fourmillement prodigieux, des rencontres incessantes, innombrables et des plus variées doivent fatalement se réaliser entre les particules gazeuses, et que les mouvements moléculaires ou atomiques subissent, à chaque instant, des modifications profondes, aussi bien dans leur intensité que dans leur direction. Dans un tel milieu, en effet, la constance relativement courte d'un mouvement donné serait inintelligible.

« Comme on est conduit à admettre, dit M. Borel, que chaque molécule subit plusieurs milliards de chocs par seconde, on voit qu'au bout d'un temps inappréciable, l'irrégularité la plus

[1]) Perrin, *Les atomes*, p. 118, Paris, Alcan, 1913. — Maurain, *Les états physiques de la matière*, p. 15, Paris, Alcan, 1910.

complète se serait produite dans les valeurs des vitesses. Lorsque l'on cherche à imaginer le chaos d'un tel mouvement dans lequel chaque molécule subit des milliards de chocs chaque seconde, on est conduit à admettre que la distribution des vitesses est la même que si elle était produite par le hasard » [1]).

Or, bon nombre de nos corps chimiques sont susceptibles de prendre l'état aériforme sous l'influence de la chaleur et de l'électricité. Ils seront donc, eux aussi, soumis à cette loi de la variabilité du mouvement qui caractérise cet état particulier de la matière. Dès lors, d'où viendrait l'obstacle qui empêcherait l'harmonisation des mouvements requise pour la combinaison ? Ceux-ci ne sont-ils pas du nombre des mouvements possibles ? Toute exception devient ici une énigme. Cependant, l'expérience nous l'atteste, même à l'état gazeux, les corps ont leurs préférences et leurs invincibles antipathies.

Certains auteurs, entre autres Claude Bernard, s'imaginaient pouvoir se soustraire plus aisément à la difficulté, en disant « que l'affinité est un vain mot » [2]). Mais supprimer le mot n'est pas supprimer le fait dont il est l'expression plus ou moins heureuse. Ce fait est indéniable, et tous les chimistes l'admettent.

« L'affinité, écrit encore le savant français, est pour le chimiste quelque chose de bien déterminé... Il sait à la vérité que dans les phénomènes chimiques, les forces physiques interviennent d'une façon non douteuse, qu'il y a une grande part à faire, dans la réaction du chlore sur l'hydrogène, à la chaleur et à la lumière... mais toujours est-il qu'il se croit en droit de distinguer... ce qui porte l'hydrogène sur le chlore de tout autre agent naturel, et c'est cela qu'il désigne sous le nom d'affinité » [3]).

[1]) E. Borel, *Le hasard*, p. 168. Paris, Alcan, 1914.
[2]) Claude Bernard, *Leçons de physique générale*, IX, p. 208. Paris.
[3]) Wurtz, *La théorie atomique*, p. 167.

57. **Objection**. — Enfin, pour concilier l'affinité avec les dogmes de l'atomisme, certains auteurs se contentent de l'identifier avec la tendance générale de la nature à la stabilité.

Dans ses évolutions, nous dit-on, le monde matériel tend toujours à prendre l'état le plus stable, le plus conforme aux lois de l'équilibre. Cette apparence de choix, que nous nommons affinité, n'est donc en réalité qu'une conséquence fatale du mécanisme auquel les activités corporelles se trouvent soumises.

« Les phénomènes chimiques, dit Brunhes, ne font pas exception aux règles qui régissent le sens de tous les phénomènes naturels. Ils s'effectuent spontanément dans le sens qui comporte une dégradation d'énergie. Dans les phénomènes chimiques, comme dans tous les autres, quelque chose se perd. L'énergie utile se détruit, et on ne la recouvre qu'en y mettant le prix » [1]).

« La tendance vers un état stable, écrivent MM. Urbain et Sénéchal, est générale. Le principe de Carnot domine cette évolution universelle » [2]).

Pour M. Delbet, la notion de travail maximum paraît peu heureuse, parce qu'elle donne l'impression que la libération d'énergie est en quelque sorte le but de la réaction et comme

[1]) BRUNHES, *La dégradation de l'énergie*, p. 179.

Du point de vue de la dégradation de l'énergie, M. Brunhes distingue trois sortes de phénomènes chimiques : 1° Les phénomènes *réversibles* qui ne comportent ni dégradation, ni restitution d'énergie utile. C'est le cas-limite où l'inégalité qui exprime le principe de Carnot, devient une égalité Mais ce serait une erreur d'identifier les phénomènes réversibles, chimiques et physiques ; car, dans les premiers, les énergies chimiques mises en jeu sont des formes supérieures de l'énergie, tandis que, dans les seconds, les énergies sont de qualité inférieure 2° Il y a, en second lieu, la classe très générale de réactions qui comportent une dégradation de l'énergie. 3° Il existe enfin des phénomènes dans lesquels la dégradation de l'énergie est ralentie ou arrêtée par un frottement ; ils demandent pour s'accomplir un travail préliminaire. Pour cet auteur, le principe de la dégradation de l'énergie est donc le grand principe qui domine les transformations de la matière. Cfr. BRUNHES, *La dégradation de l'énergie*, pp. 177-179.

[2]) URBAIN et SÉNÉCHAL, *Introduction à la chimie des complexes*, p. 40. Paris, Hermann, 1913.

une sorte de cause finale. « Il me paraît plus philosophique de dire, ajoute-t-il, que le phénomène qui se produit est celui qui conduit à l'état le plus stable dans les conditions données » [1]).

Solution de cette difficulté. Le principe dont s'inspire l'objection est incontestable. Mais, à le regarder de près, on découvre aisément qu'au lieu de nous fournir le pourquoi de l'affinité élective, il en exprime simplement le fait sous une forme nouvelle.

Le dégagement de chaleur et la stabilité sont, de l'avis de tous, au moins dans un grand nombre de cas, un signe et une mesure partielle de l'affinité, en même temps que le résultat de son efficience. Affirmer que cette force élective est la tendance de la nature à l'équilibre interatomique ou moléculaire, c'est affirmer un fait, mais ce n'est point l'expliquer. La question soulevée reste entière et l'on se demande : D'où vient, que parmi des milliers de formes d'équilibre possibles, les corps choisissent en règle générale les plus stables, et renoncent spontanément à toutes les autres? pourquoi chaque corps tend-il à cet état général, en suivant des voies qui lui sont propres, en réalisant des combinaisons bien déterminées, sous le double rapport de leurs propriétés respectives et des conditions de leur réalisation ? pourquoi enfin cet état d'équilibre est-il impossible pour tant d'autres corps, animés cependant d'un mouvement local intense et variable ?

« La thermodynamique, écrit M. Duhem, impose à tous les phénomènes du monde matériel une tendance dans un même sens... Mais l'hypothèse que les effets de la matière brute sont d'essence mécanique ne rend aucun compte de la commune tendance qui sollicite ces effets » [2]).

On fait appel à la tendance de la nature. Mais dans l'hypothèse mécanique, cette tendance peut-elle avoir son origine

[1]) Delbet, *La science et la réalité*, p. 294, Paris, Flammarion, 1913.
[2]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, p. 156. Paris, Joannin, 1903.

dans le fond même des êtres ? Nullement, elle résulte de l'impulsion mécanique communiquée ; et de même que la flèche change de direction avec l'impulsion qu'elle reçoit, ainsi l'affinité modifierait ses directions privilégiées relativement si constantes, chaque fois que les corps seraient soumis à des impulsions nouvelles [1]).

Au surplus, cette universelle tendance de la nature à la stabilité a été surtout mise en relief par la découverte du principe de Carnot lequel, généralisé, porte actuellement le nom de principe de la dégradation de l'énergie : si la *quantité* d'énergie de l'univers reste invariable, il est certain cependant que sa *qualité* diminue, qu'elle devient de moins en moins utilisable pour la production d'effets mécaniques. L'univers entier se modifie donc dans une direction constante, et tend vers un état d'immobilité complète. Or ce principe s'est montré jusqu'ici inconciliable avec le mécanisme. On ne comprend pas, en effet, que dans un système purement mécanique, il puisse y avoir irréversibilité générale des phénomènes [2]).

§ 3

L'atomicité ou la valence

58. **Définition de l'atomicité.** — D'après le caractère de leurs propriétés électriques, les éléments de la chimie

[1]) De nombreux chimistes interprètent actuellement l'affinité d'après les données nouvelles de la théorie électronique. Pour eux, l'électron ou l'atome d'électricité est l'élément dynamique qui unit entre eux les corps réagissants, en sorte que l'affinité se ramène à une attraction électrique. Quoi qu'il en soit de cette opinion, les difficultés du mécanisme restent les mêmes : cette attraction, fût-elle de nature électrique, ne peut consister qu'en certaines modalités de mouvement local, l'élément-force n'ayant pas de place dans la nature. Pour cette conception de l'affinité, Cfr. Ramsay, *La chimie moderne*, 1re partie, p. 57. Paris, Gauthier-Villars, 1909. — Le Bon, *L'évolution des forces*, p. 108. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Voir plus loin l'examen de cette difficulté. — Cfr. Meyerson, *Identité et réalité*, pp. 300 et suiv. Paris, Alcan, 1912.

se partagent en deux grandes catégories : les corps positifs d'une part, les corps négatifs de l'autre [1]).

Les premiers dont font partie nos métaux usuels, tels le fer, le plomb, le cuivre, se combinent généralement bien au chlore qui est un élément négatif. Les autres ont plus de sympathie pour l'hydrogène, élément positif. Ces deux corps simples ont ceci de caractéristique, qu'un atome de l'un ne s'associe jamais qu'à un seul atome de l'autre. La molécule du composé auquel ils donnent naissance en fait foi : HCl. L'atome d'hydrogène épuise donc, en s'unissant à celui du chlore, toute la capacité de combinaison dont il est doué à son égard. Ces deux atomes sont parfaitement équivalents.

Mais si l'on examine les combinaisons réalisées par les autres corps simples avec l'un ou l'autre des deux termes de comparaison, hydrogène et chlore, on remarque de suite que les atomes de ces différentes espèces chimiques ont aussi des capacités bien diverses. L'oxygène, par exemple, n'est saturé qu'à la condition de s'unir à deux atomes d'hydrogène : H_2O. L'azote en réclame trois : NH_3. Le carbone en prend quatre : CH_4.

Cette propriété, que possède chacun des atomes d'un élément donné, de s'unir à 1, 2, 3... *n* atomes d'hydrogène ou de chlore, s'appelle l'*atomicité* ou la *valence* [2]).

59. **Caractères scientifiques de l'atomicité.** — « La valence, écrit M. Bruylants, a fait l'objet ces dernières années, d'un grand nombre de travaux ; et elle est, à l'heure actuelle, une des notions les plus discutées en chimie. On a proposé des théories nombreuses dont les points de départ sont souvent très différents et même contradictoires » [3]).

[1]) « La tendance des théories de la jeune physique est d'identifier la matière et l'électricité; l'idée fondamentale de Bersélius doit inévitablement être reprise. » — Cfr. URBAIN et SÉNÉCHAL, *Introduction à la chimie des complexes*, p. 99. Paris, Hermann, 1913.

[2]) Cfr. RAMSAY, *La chimie moderne*, 1[er] partie, p. 71. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

[3]) BRUYLANTS, *La valence chimique (Revue des Questions scientifiques*, janvier-avril 1912), p. 125. Cette étude est l'une des plus complètes qui aient

En fait, on compte actuellement plus de vingt théories dont chacune a ses partisans et ses adversaires, bien que la théorie de la valence la plus accréditée demeure la théorie électronique ou corpusculaire [1]).

Quoi qu'il en soit de ces multiples essais d'explication, la valence présente certains caractères généralement admis par les chimistes. Résumons-les brièvement.

1° A parler rigoureusement, l'atomicité n'est pas une force, mais une simple mesure de l'équivalence des atomes, ou mieux, de leur capacité atomique [2]).

Lorsque le chimiste affirme que le soufre est bivalent relativement à l'hydrogène, il n'émet aucun jugement sur l'intensité de l'action qui doit unir ces deux corps. Que cette activité soit énergique ou faible, la bivalence du soufre n'en sera pas moins sauvegardée, car elle signifie simplement que, dans les conditions normales, un atome de cet élément se trouve complètement satisfait dès qu'il se trouve uni à deux atomes d'hydrogène. C'est, en un mot, la mesure de ses exigences, de sa capacité de saturation.

2° Il en résulte que l'atomicité diffère essentiellement de l'affinité chimique.

été publiées sur cette matière. Elle comprend quatre articles : janvier 1912, pp. 125-163 ; avril 1912, pp. 511-539 ; juillet 1912, pp. 109-146 ; octobre 1912, pp. 535-563.

[1]) Cfr. Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, pp. 48 et suiv. Paris, Gauthier-Villars, 1909. « Le nombre de valences que possède une particule réagissante, dit-il, est égal au nombre d'électrons que lui attribue la théorie de la dissociation électrolytique. Cette coïncidence entre l'atomicité et la charge électrique est tout à fait digne d'attention, car elle semble de nature à conduire à l'identification des valences et des électrons. » — Lemoine, *L'évolution de la chimie physique* (*Revue des Questions scientifiques*, janvier 1913), p. 82. — C. Marie, *Revue annuelle de chimie physique* (*Revue générale des Sciences*, 30 mai 1911), pp. 44 et suiv. — Ramsay, *La chimie moderne*, 1re partie, pp. 55 et suiv. — Kauffmann, *Die Valenzlehre*, Stuttgart, 1911. — Perrin, *Les atomes*, p. 64. Paris, Alcan, 1913.

[2]) Gautier, *Cours de chimie*, 1 vol., p. 40. Paris, Savy, 1887.

Comme l'indique son synonyme « force élective », l'affinité désigne à la fois le principe régulateur des réactions chimiques et l'énergie qui s'y déploie. L'atomicité, au contraire, ne peut revendiquer aucun de ces titres. Bien plus, en général, les corps simples les plus actifs se distinguent par leur petite atomicité.

3° L'étude comparative des combinaisons établit d'une manière péremptoire que les corps n'épuisent pas toujours leur capacité de saturation.

Le phosphore, par exemple, qui peut se combiner facilement à cinq atomes de chlore, $PhCl_5$, se contente aussi parfois de trois ; le carbone, dans le gaz carbonique, est rivé à deux atomes d'oxygène, CO_2, tandis que dans l'oxyde de carbone, CO, il n'est uni qu'à un seul atome de ce corps. Les faits de ce genre sont même nombreux en chimie.

4° Enfin, bien que l'atomicité d'un élément ne jouisse pas d'une constance absolue, il serait faux d'en conclure qu'elle se trouve livrée aux caprices du hasard. Elle dépend de la nature des éléments auxquels on l'attribue, mais subit cependant, dans des limites déterminées, l'influence de causes extrinsèques, telles la pression, la température, la nature des autres éléments avec lesquels ils se combinent [1]). L'atomicité présente donc le caractère d'une propriété relativement constante et caractéristique de chaque corps [2]).

« Le nombre de valences qu'un atome utilise dans l'assemblage moléculaire, écrit Nernst, de même que l'intensité avec laquelle ces valences maintiennent les liaisons, est variable entre

[1]) Lothar Meyer, *Les théories modernes de la chimie*, 1 vol., p. 436. Paris, G. Carré, 1889.

[2]) Bruylants, *La valence chimique (Revue des Questions scientifiques*, janvier-avril 1912), p. 127. « La notion de valence, dit-il, est moins ancienne (que la notion d'affinité). Et pourtant cette propriété élective, un des attributs les plus caractéristiques de l'atome, etc. »

certaines limites... ce qui ne diminue guère la grande importance de la théorie de la valence pour la systématique »[1]).

Selon M. Meyerson, « l'atomicité ou la valence est une expression de l'affinité, la propriété la plus intime des atomes chimiques, celle par laquelle, en définitive, les autres doivent s'expliquer »[2]).

Restreinte à ces principes généraux, la théorie de l'atomicité est à l'abri de toute critique, parce qu'elle est l'expression synthétique des données de l'expérience.

60. Le mécanisme n'explique pas la constance relative de l'atomicité. — Avant d'étudier les applications de la théorie, remarquons d'abord combien la *constance relative de l'atomicité* parait peu conciliable avec les principes du mécanisme.

Pour ne citer qu'un exemple entre mille, examinons la combinaison du chlore et du sodium[3]).

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 325. Paris, Hermann, 1911.

[2]) Meyerson, *Identité et réalité*, p. 262. Paris, Alcan, 1912.

[3]) Les métaux alcalins sont tous monovalents dans la grande majorité des composés qu'ils forment. Les métaux alcalino-terreux, Ca, Sr, Ba, fonctionnent presque toujours comme des éléments bivalents. Il en est ainsi du Cd, du Zn et du Mg. Le Zn est même toujours bivalent dans tous les composés organo-zinciques. Le Bo agit généralement comme un élément trivalent. D'autres, tels le Hg et le Cu, forment deux sortes de combinaisons où ils sont monovalents ou bivalents. Le C, le Si et le Zr se montrent tétravalents dans la plupart de leurs combinaisons. L'As, le Sb, le Bi et le Ph, se comportent d'ordinaire comme des éléments tri ou pentavalents. Quelques-uns ont une valence plus variable, tels sont le S, le Se, le Te et le Mo. Notons enfin que le Cl, le Br et l'Io sont exclusivement monovalents vis-à vis des éléments ou radicaux positifs, mais que, par rapport aux radicaux et éléments négatifs, leur valence est variable, bien qu'elle ne dépasse point 7 unités. Cfr. Bruylants, *La valence chimique* (*Revue des Questions scientifiques,* juillet-octobre 1912).

L'étude de la valence dans les complexes minéraux, c'est-à dire dans les composés riches en atomes et radicaux divers, présente des difficultés spéciales. Cette étude n'est encore qu'ébauchée. La théorie explicative la plus accréditée, qui est celle de Werner, maintient les variations de la valence

Quelles que soient les circonstances de cette réaction, jamais le composé qui en résulte ne contient plus de deux atomes, comme le prouve la formule NaCl. Il existe donc entre les masses atomiques associées un rapport très simple et invariable.

Sans doute, il est aisé de dire avec les partisans du mécanisme, que l'atomicité relative de ces deux éléments ne comporte point d'autre rapport. C'est l'affirmation pure et simple du fait. Mais ce qu'il s'agit d'expliquer, c'est la raison de sa constance.

Or, à s'en référer uniquement aux mouvements atomiques des corps réagissants, non seulement on n'y découvre aucune cause de la stabilité du rapport, mais la possibilité d'une variation constante paraît évidente [1]). A combien d'influences diverses, en effet, le chimiste ne peut-il pas les soumettre ?

Cette difficulté, Lothar Meyer lui-même la reconnaît : « Si maintenant, dit-il, nous cherchons l'explication de cette propriété étonnante, par suite de laquelle tel atome ne peut s'unir qu'à un seul autre, tandis que tel autre peut en réunir deux, tel

dans des limites relativement étroites et bien déterminées. Cfr. URBAIN et SÉNÉCHAL, *Introduction à la chimie des complexes*, pp. 134 et suiv. Paris, Hermann, 1913.

[1]) A en croire M. Hartmann, notre conclusion ne serait pas à l'abri de toute critique. Sans doute, dit-il, les mouvements spécifiques des atomes éprouvent des variations incessantes, si, dans chaque collision, les atomes eux-mêmes se trouvent en contact immédiat. Mais cette supposition n'est point encore vérifiée, pour le motif que la causalité mécanique ne consiste pas nécessairement dans le choc. On peut admettre en effet que les forces interatomiques se réduisent à des états de dilatation du milieu et supprimer ainsi la rencontre immédiate des atomes. Cfr. Dr HARTMANN, *Philosophisches Jahrbuch*, 1904, S. 343.

Cette critique du Docteur allemand est une critique à côté. En supposant, comme il le dit lui-même, des *forces* mécaniques proprement dites, distinctes du mouvement, l'auteur se met en dehors de la question. Le mécanisme dont il s'agit ici, est le mécanisme pur qui n'admet d'autres réalités dans l'univers que la masse homogène et le mouvement local. En second lieu, l'hypothèse qui attribue toutes les activités atomiques aux variations d'équilibre du milieu est une hypothèse gratuite, hérissée de difficultés, que plusieurs physiciens de marque regardent comme manifestement insuffisante.

autre trois, d'autres encore quatre, cinq, six, et lorsqu'il s'est lié ainsi il ne peut plus se lier à d'autres ; nous nous trouvons devant la porte à laquelle la chimie frappe depuis cent ans sans trouver de réponse » [1]).

Tous les chimistes en conviennent volontiers, à l'heure présente, la question n'est guère plus avancée.

61. Deux applications de la conception mécanique. — Il nous est impossible de suivre dans le fouillis des faits toutes les infiltrations de ce système. Autant vaudrait reprendre par le détail la chimie entière. Nous nous bornerons à deux grandes classes de corps dont l'interprétation semble être spécialement inspirée par la conception mécanique de l'atomicité. Ce sont, d'une part, les composés à soudures multiples, de l'autre, les combinaisons de corps saturés.

Examinons la première de ces catégories.

62. Première application : la théorie des soudures. En quoi consiste-t-elle ? — Une des applications les plus importantes qui aient été faites du mécanisme à l'atomicité, se trouve formulée dans la théorie des soudures. La voici :

De l'avis de tous les chimistes, le carbone doit être regardé comme un élément tétravalent. Il forme en effet, avec l'hydrogène, une combinaison stable dont la formule est CH_4.

On remarque cependant que deux atomes de carbone ne peuvent s'unir à plus de six atomes d'hydrogène : C_2H_6. Quelle est la raison de ce fait ? Pourquoi n'en prennent-ils pas huit, puisque chaque atome de carbone est tétravalent ?

Cette circonstance est due, dit M. Kékulé, à la propriété qu'ont les atomes de carbone de se souder entre eux en échangeant une partie de leur atomicité. Une molécule n'est saturée, que si toutes les atomicités qui résident en elle sont satisfaites.

[1]) LOTHAR MEYER, *Les théories modernes de la chimie*, p. 436. Paris, Carré, 1889.

A défaut d'hydrogène, les atomes de carbone se saturent mutuellement. De là, la formule $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$ [1]).

Mais il arrive aussi que deux atomes de carbone se contentent de quatre atomes d'hydrogène. Exemple : C_2H_4. Dans ce cas, dit-on, les masses carbonées se rivent l'une à l'autre par une seconde soudure, à l'effet d'utiliser les deux atomicités devenues libres $\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CH_2 \end{matrix}$.

Enfin, l'on rencontre même une combinaison hydrocarbonée où ces mêmes atomes sont encore plus éloignés de leur état de saturation. C'est l'acétylène, C_2H_2. En vertu du principe énoncé, pour remplacer les deux atomes d'hydrogène disparus, chaque carbone s'enchaîne à son congénère par une troisième soudure. D'où la formule $\begin{matrix} CH \\ ||| \\ CH \end{matrix}$.

On le voit, dans les trois cas mentionnés, malgré l'insuffisance de la quantité d'hydrogène, les atomes de carbone tétravalents parviennent à satisfaire leur capacité de combinaison, en réagissant l'un sur l'autre jusqu'à épuisement des atomicités libres.

La nouvelle conception, dit Frankland, consiste à admettre que, dans tout élément polyatomique, deux des atomicités disponibles peuvent se saturer l'une l'autre ; elles deviennent ainsi latentes [2]).

63. **Conséquences philosophiques de la théorie des soudures.** — Si, dans tout composé de ce genre, les atomes se trouvent enchaînés les uns aux autres par des liens

[1]) Le lien qui unit entre eux les deux atomes de carbone, est équivalent à deux atomicités, car si le premier atome perd une atomicité en agissant sur le second, celui-ci perd aussi une atomicité en réagissant sur le premier, en vertu du principe qui établit l'égalité entre l'action et la réaction.

[2]) Cité par BERTHELOT, *Synthèse chimique*. p. 161.

plus ou moins nombreux, il est clair que chacun d'eux y conserve son être individuel, et que toute molécule est un agrégat. Nul ne dira qu'un morceau de fer et un fragment de cuivre soudés ensemble constituent une véritable individualité. L'unité essentielle disparaît ainsi de tout composé, fût-il même doué de vie [1]).

En second lieu, le changement profond que subissent les propriétés, à chaque étape de l'évolution chimique de la matière, n'est plus qu'un phénomène de surface, puisqu'en dépit de ces modifications, les masses atomiques restent substantiellement les mêmes. Le lien naturel, qui unit la nature d'un être à ses qualités distinctives, ne se trouve-t-il pas du même coup brisé ? Ne semble-t-il pas que la matière nous apparaît alors comme un substrat homogène, indifférent par lui-même aux phénomènes qui s'y réalisent ?

Ces conséquences sont graves. Elles feront plus tard l'objet d'un examen spécial.

64. Les formules de structure répondent-elles à la réalité ? — En général, les hommes de science n'accordent plus à leurs théories une valeur ontologique [2]). Ils y voient plutôt un moyen de classification des phénomènes, un symbole qui aide à comprendre les activités de la matière, leurs liens de dépendance, les conditions de leur production, le système de lois qui les régit, l'unité synthétique à laquelle on

[1]) Plusieurs auteurs admettent cette conséquence pour le monde minéral, mais ils croient néanmoins pouvoir concilier l'unité réelle de l'être vivant avec la persistance actuelle des atomes qui le constituent. Nous examinerons plus tard cette opinion.

[2]) LUCIEN POINCARÉ, *La physique moderne, son évolution*, p. 18. Paris, Flammarion, 1909. — H. POINCARÉ, *La valeur de la science*, p. 267. Paris, Flammarion, 1908. — *La science et l'hypothèse*, p. 190. Paris, Flammarion. — REY, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*. Paris, Alcan, 1907. « Nul partisan des explications mécanistes, dit-il, ne leur attribue plus aujourd'hui une portée ontologique. » — *La philosophie moderne*, p. 167. Paris, Flammarion, 1911.

cherche à les ramener. Ces conceptions symboliques peuvent rendre de très grands services, et il serait insensé de condamner l'usage qu'en font les chimistes et les physiciens dans l'explication des propriétés corporelles.

Les formules de structure ont puissamment contribué à l'édification et au développement de la science chimique ; elles constituent un admirable instrument de classification et de découverte. Mais peut-on affirmer qu'elles sont la traduction fidèle de la réalité ? Nul chimiste, croyons-nous, n'oserait émettre pareille prétention. Il est indéniable, comme le dit Perrin, que « les 200.000 formules de constitution dont la chimie organique a tiré parti, donnent en définitive autant d'arguments en faveur de la notation atomique et de la théorie de la valence » [1]). Il importe aussi de noter que moyennant certaines hypothèses sur les soudures simples, doubles et triples, ainsi que sur la combinaison du carbone et de l'hydrogène, Thomsen est parvenu à calculer, avec une approximation satisfaisante, la chaleur de combustion d'un bon nombre d'hydrocarbures [2]). Néanmoins la théorie soulève encore bon nombre de difficultés. « Il serait téméraire, écrivent MM. Urbain et Sénéchal, de prétendre représenter la structure atomique réelle des molécules. Les formules de constitution ne schématisent que les propriétés d'un corps par rapport à certains réactifs » [3]).

« On admet encore, en général, dit M. Bruylants, la théorie des doubles ou des triples soudures, mais de nombreux essais ont été faits pour substituer à l'ancienne théorie des vues nouvelles, mieux en accord avec l'ensemble des données expérimentales. On ne peut nier que la théorie des doubles et des triples soudures ait en soi quelque chose de contradictoire ; il semble logique d'admettre que les atomes de carbone, double-

[1]) Perrin, *Les atomes*, p. 50. Paris, Alcan, 1913.

[2]) Thomsen, *Thermochemische Untersuchungen*, Bd IV. Leipzig, 1886. — *Zeitschrift f. physik. Chemie*, I. 369. 1887.

[3]) Urbain et Sénéchal, *Introduction à la chimie des complexes*, p. 14 et surtout p. 49. Paris, Hermann, 1913.

ment ou triplement liés, doivent être moins réactionnels que des atomes de carbone qui ne sont unis que par une valence ; en réalité, c'est bien le contraire qui est la règle générale » [1]).

Les critiques de M. Duhem sont beaucoup plus acerbes : « La notation chimique moderne, dit-il, fondée sur la notion de valence... se montre admirable instrument de classification et de découvertes tant qu'on y cherche seulement une représentation figurée, un schéma des idées diverses qui ont trait à la substitution chimique ; mais lorsqu'on y cherche une image de l'agencement des atomes et de la structure des molécules, on ne rencontre plus de toutes parts qu'obscurité, incohérence et contradiction » [2]).

Plusieurs chimistes, partisans d'ailleurs de la théorie, aiment à signaler le fait étrange que bien souvent le nombre de corps isomères prévu par la théorie n'a jamais été obtenu, tandis que d'autres isomères inexplicables par les formules de structure se réalisent. Aussi, dans maints cas, les formules de constitution ont du être complétées par des formules topographiques [3]). Or, les savants sont unanimes, croyons-nous, à ne voir, dans ces constructions ingénieuses, qu'un mode utile de représentation. « Ainsi est née, dit Le Bon, la stéréochimie qui, sans rien nous dire assurément de l'inaccessible architecture des atomes, permit de synthétiser certains faits. — Ces structures schématiques, d'ailleurs sans aucune parenté avec la réalité, finirent par se montrer elles-mêmes très insuffisantes » [4]).

« Pour Hinrichsen, le grand nombre de combinaisons, où il faut admettre des valences libres, prouve qu'il doit en être ainsi dans les dérivés non saturés ». Pour lui, « non seulement les doubles et les triples soudures ne permettent pas d'expliquer

[1]) Bruylants, *La valence chimique (Revue des Questions scientifiques*, octobre-juillet, 1912), p. 117.

[2]) Duhem, *La notion du mixte (Revue de philosophie*, juin 1909), p. 448.

[3]) Nernst, *Traité de chimie générale*, première partie, pp. 336 et suiv. Paris, Hermann, 1911.

[4]) Le Bon, *L'évolution de la matière*, p. 281. Paris, Flammarion, 1912.

un grand nombre de faits, mais elles donnent une image des plus fausses des rapports atomiques » [1]).

Citons enfin l'opinion d'Ostwald dont on ne saurait trop admirer, en cette matière, la prudente réserve : « Ce ne sera pas, écrit-il, renoncer à l'usage de l'hypothèse atomique que de se rappeler toujours que cette hypothèse représente les relations expérimentales par une image commode et facile à manier, mais qu'il n'est pas légitime de substituer aux faits eux-mêmes. Il faut toujours s'attendre à ce que la réalité se comporte tôt ou tard autrement que son image ne la fait prévoir.

» En particulier, quand des considérations quelconques bien fondées conduisent à des résultats contradictoires avec l'hypothèse atomique, on n'a pas le droit de les regarder comme fausses. La faute peut très bien être du côté de l'hypothèse atomique elle-même... Il serait assurément plus conforme à l'intérêt de la science d'observer à cet égard plus de réserve » [2]).

On le voit, ces opinions sont bien divergentes ; à notre avis, la seule conclusion qu'il soit raisonnable d'en tirer, est, qu'il appartient à la science de l'avenir de nous dire — si tant est qu'elle puisse atteindre pareil résultat — dans quelle mesure ces constructions ingénieuses répondent à la réalité.

65. Combinaison de molécules saturées. — La platine a toutes les allures d'un métal tétravalent et le potassium celles d'un métal monovalent. Il en résulte, d'après la théorie des valences, que le tétrachlorure de platine PCl_4 et le chlorure de potassium KCl sont deux composés saturés, incapables de se combiner, par addition, à de nouvelles unités chimiques. Cependant, P^tCl_4 s'unit facilement à deux molécules de KCl pour constituer un chloroplatinate de potassium $K_2P^tCl_6$ assez stable et bien défini.

[1]) Hinrichsen, *Ueber den gegenwärtigen Stand der Valenzlehre*, S. 33 et suiv. (*Sammlung chemischer und chemischentechnischer Vorträge*, 1902).

[2]) Ostwald, *Éléments de chimie inorganique*, pp. 176 et 177. Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Par quels liens ces deux corps sont-ils donc enchaînés?

Les cas de ce genre sont fréquents; les chimistes ont imaginé diverses hypothèses pour les expliquer.

Les uns, tel Werner [1]), attribuent aux atomes des affinités principales et des affinités secondaires : les premières caractérisent la valence ordinaire; les secondes s'exercent surtout dans les combinaisons entre molécules saturées.

D'autres, notamment Spiegel [2]), ont recours à des valences supplémentaires neutres, c'est-à-dire saturées par des électrons de signe contraire.

Ramsay [3]) croit que dans les combinaisons, ce sont les électrons qui unissent les atomes entre eux. Les combinaisons moléculaires réalisées entre corps saturés s'expliqueraient par un échange d'électrons.

D'autres enfin admettent le fractionnement des valences. Un corps pourrait, dans certains cas, fractionner ses valences, les diviser en valences plus petites, afin de réunir dans une même molécule, un nombre d'atomes supérieur à celui que commande son pouvoir ordinaire de combinaison [4]).

Quoi qu'il en soit de ces hypothèses, le mécanisme doit trouver dans le mouvement local des atomes, la raison explicative du fait signalé plus haut.

Citons, à titre d'exemple, l'interprétation donnée par Wurtz, l'un des coryphées de l'école mécanique.

Le carbonate calcique $CaCO_3$, corps très répandu dans la nature où il se présente sous les formes variées de craie, de

[1]) On trouvera cette théorie très clairement exposée dans le travail de Bruylants, *La valence chimique* (*Revue des Questions scientifiques*, janvier-avril 1912), pp. 511-518. — Cette théorie est actuellement très en vogue pour l'explication des complexes.

[2]) Spiegel, *Zeitschrift für anorganische Chemie*, B. 29, S. 365.

[3]) Ramsay, *La chimie moderne*, Ire partie, c. III, Dissociation électrique ou ionisation. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

[4]) Schutzenberger, *Chimie générale*, t. VII. Paris, Hachette, 1894. — Cfr. De Thierry, *Introduction à l'étude de la chimie*, p. 360, Paris. Masson, 1906.

marbre, de pierre, etc., résulte de la combinaison de deux corps : l'un, l'oxyde de calcium CaO, l'autre, le gaz carbonique CO_2. Dans ces deux molécules, les atomes ont atteint l'état de saturation complète : $O = C = O + Ca = O$; le calcium et l'oxygène sont en effet bivalents, le carbone est tétravalent. Il ne reste donc plus aucune atomicité libre qui puisse river l'une à l'autre ces parties constitutives du nouvel édifice moléculaire, le carbonate calcique.

Comment donc se fera l'union ?

Arrivés dans une même sphère d'action, nous dit le célèbre chimiste, les deux corps se livrent à une lutte très vive au terme de laquelle se réalise l'arrangement suivant : $\begin{matrix} O - C = O \\ \quad\;\; | \\ Ca - O \end{matrix}$.

L'oxygène uni au carbone, attiré vers le calcium, échange avec lui une de ses atomicités ; l'oxygène de CaO, n'étant plus uni au métal que par une seule atomicité, se lie par l'autre au carbone qui en a perdu une de son côté. La combinaison se ramène ainsi, non à un échange d'éléments, mais à un échange d'atomicités [1]).

Cette lutte harmonieuse des atomes est certes de nature à nous donner une haute idée de l'ordre admirable qui régit les activités chimiques. Une seule chose étonne : c'est de retrouver cet ordre dans un jeu atomique où fait défaut tout principe régulateur.

L'enchaînement des masses réagissantes, dites-vous, s'opère par un simple changement d'atomicités. A moins de se payer de mots, il faut bien admettre que la seule réalité échangée, c'est le mouvement ; car il s'agit ici d'établir une liaison nouvelle entre les deux parties de l'édifice moléculaire.

[1]) WURTZ, *Dictionnaire de chimie*, tome I, p. 453. — L'exemple donné par Wurtz était, en fait, mal choisi : si le calcium est en général bivalent, il peut être aussi tétravalent comme le prouve son oxyde CaO_2. Cependant la tétravalence du Ca ne supprime pas la difficulté, puisque CO_2 est une molécule saturée, incapable d'addition.

Voilà donc deux molécules qui, poussées par le mouvement local, se rencontrent et donnent lieu à une multitude innombrable de chocs moléculaires avec une perte énorme de chaleur. Au sein de ces actions si violentes, que se passe-t-il? Quatre atomes divisent leurs mouvements, et chacun d'eux en distribue régulièrement une partie sur l'atome voisin qu'il a mission d'enchaîner.

Bien mieux, un cinquième, dont le concours, d'après la formule, n'est pas requis pour l'enchaînement des nouveaux associés, reste tout à fait étranger à la lutte.

Mille fois, pareille rencontre se renouvelle au milieu des circonstances les plus variées; mille fois, en dépit de toutes les influences, les atomes remplissent fidèlement le rôle qui leur est assigné! Par contre, dans les masses réagissantes, absence complète de tout principe interne d'orientation; dans les tourbillons qui les agitent, réglés fatalement par le hasard des chocs et des impulsions, pas la moindre cause d'une direction privilégiée.

D'une part donc, constance assurée du phénomène; de l'autre, instabilité absolue de sa prétendue cause, n'est-ce pas en deux mots le résumé de l'interprétation mécanique? [1]).

[1]) Selon M. Hartmann, la constance des propriétés corporelles n'exclut pas une interprétation purement mécanique. Nous avons, dit-il, la preuve de ce fait dans un théorème démontré en 1867 par le physicien Helmholtz. Le voici : « Si les forces en activité dans un liquide parfait possèdent un potentiel, on peut attribuer aux tourbillons qui se produisent au sein de ce liquide, quelles que soient, d'ailleurs, leur forme, leur rapidité et la tension interne du milieu, les nombreuses propriétés suivantes : 1° Un volume constant. 2° Une composition constante, en ce sens qu'aucune particule de matière n'est enlevée ou ajoutée au tourbillon. 3° Une intensité invariable, en tant que le produit du diamètre du tourbillon par la rapidité de la rotation conserve la même grandeur : de ce produit dépend l'action du tourbillon sur son milieu. 4° Un enchaînement constant, en sorte qu'il n'y a jamais soit disparition, soit réalisation d'enchaînements nouveaux de tourbillons. » Cfr. *Philosophisches Jahrbuch*, S. 343, 3 H., 1904.

On le voit, les forces mises en jeu sont purement mécaniques. Et cependant, quelle étonnante constance dans les propriétés de ce liquide!

Nous sommes loin de partager les convictions de l'auteur, et pour cause.

Au lieu d'imaginer cet échange d'atomicités, le mécanisme préfère-t-il souscrire à l'une ou à l'autre hypothèse mentionnée plus haut, l'interprétation du fait restera tout aussi mystérieuse. Qu'il s'agisse d'échange de mouvements, de fractionnement de mouvements, de mouvements supplémentaires neutralisés, etc..., c'est toujours aux vicissitudes du mouvement local que le mécanisme doit faire appel pour justifier la constance du phénomène.

§ 4

La combinaison chimique

66. Description d'une combinaison chimique. — Voici un bocal d'un litre contenant 3^{gr},17 d'un gaz jaune, le chlore qui le remplit complètement. On y jette 3^{gr},56 d'antimoine en poudre fine. Une vive incandescence se produit, et si l'on bouche aussitôt hermétiquement le bocal, on constate que le gaz chlore et l'antimoine ont été l'un et l'autre remplacés

Quelles sont en effet les conditions théoriques dans lesquelles se trouve placé le liquide dont il s'agit ? Que suppose-t-on ? Un liquide parfait, c'est-à-dire un fluide d'une indifférence absolue à l'égard de sa forme, un fluide dans lequel il n'existe aucun frottement, mais qui est soumis à des forces conservatives dérivant d'une fonction de force uniforme. Or pareil liquide n'existe pas sur la terre. En fait, ces conditions théoriques ne sont jamais réalisées et les résultats obtenus par l'application des théorèmes d'Helmholtz sont des résultats plus ou moins approchés. De là à la réalité il y a de la marge.

En second lieu, dans les études cosmologiques, il ne s'agit nullement de déterminer de quelles propriétés d'origine purement mécanique peuvent jouir des types idéaux solides, liquides ou gazeux ; il est loisible au physicien de créer de toutes pièces ces êtres parfaits dans leur genre et d'en soumettre les caractères à des déterminations mathématiques. Le cosmologue, lui, considère le monde matériel tel qu'il se présente, il examine les corps avec leur état indéfiniment variable, leurs changements incessants de forme et de volume, les dépressions profondes ou l'étonnant accroissement que subissent leurs énergies au cours des réactions chimiques. Et il se demande d'où vient, qu'au cours ininterrompu de ces innombrables métamorphoses,

par une matière blanche cristalline qui tapisse les parois du ballon où s'est fait le vide.

Cette matière fumante à l'air, décomposable par l'eau, transparente, solide, n'a plus aucun des caractères ni du chlore ni de l'antimoine métallique. Il s'est formé une *combinaison chimique* de ces deux corps, un chlorure d'antimoine, blanc, cristallin, butyreux, où toutes les propriétés des composants se trouvent remplacées par celles du composé nouveau [1]).

67. Distinction entre la combinaison et le mélange. — La combinaison est du ressort exclusif de la chimie. Aussi, pour mieux en faire ressortir les caractères essentiels, les chimistes ont-ils l'habitude de l'opposer aux phénomènes physiques, notamment au *mélange*.

En triturant de la fleur de soufre avec de la limaille de fer, on obtient finalement une poussière jaune, apparemment homogène. La mixture paraît aussi intime que dans le cas précédent. Mais en l'examinant à l'aide d'une loupe assez puissante, on y reconnaît sans peine les particules grisâtres du fer disséminées parmi les particules jaunes du soufre. Il est même possible de les séparer au moyen d'un aimant qui s'emparera de la limaille de fer et laissera le soufre intact. Chaque corps a donc conservé ses propriétés distinctives ; l'homogénéité n'est qu'apparente. En un mot, il s'est produit un mélange.

Il existe aussi des mélanges beaucoup plus intimes : tels sont, par exemple, le mélange des corps gazeux, hydrogène et

réapparaissent toujours les mêmes types avec la totalité de leurs propriétés caractéristiques.

La constance des propriétés, dont il recherche la cause, n'a rien de commun avec cette constance particulière de certains tourbillons qui constituent un état liquide idéal. D'ailleurs, ces caractères attribués au liquide idéal disparaissent infailliblement, si le corps passe à l'état solide ou gazeux.

Au surplus, l'auteur en supposant l'existence de forces mécaniques se met en dehors de la question, car il ne s'agit dans notre hypothèse que du mouvement local auquel nous refusons toute causalité.

[1]) GAUTIER, *Cours de chimie*, t. I, p. 19. Paris, Savy, 1892.

oxygène ; le mélange de certains corps liquides, solubles l'un dans l'autre en toutes proportions.

Entre le mélange et la combinaison chimique, il existe une distinction profonde qui se reconnaît, en général, à un triple caractère :

1° Tout composé est caractérisé par la disparition sans retour de la plupart des propriétés physiques et chimiques des composants, et par l'apparition de propriétés nouvelles permanentes.

D'après Nernst, « c'est à l'action de cette force (affinité chimique) qu'il faut rapporter ce fait, que les propriétés des atomes sont si variables suivant l'édifice moléculaire auquel ils appartiennent et que les propriétés des combinaisons sont le plus souvent si différentes de celles des éléments libres » [1]). Et il ajoute : « La formation des combinaisons chimiques est, en règle générale, accompagnée de changements de volume ou d'énergie bien plus considérables que la simple réunion en un mélange physique, et le travail extérieur que nous aurons à fournir pour séparer les composants, est bien plus grand, en général, dans le premier cas que dans le second » [2]).

Il faut noter cependant que ces différences sont graduelles et qu'on trouve dans la nature tous les degrés intermédiaires.

2° Les combinaisons sont réglées par des lois de poids qui ne se vérifient, ni dans les actions physiques, ni dans le mélange [3]).

[1]) NERNST, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 38. Paris, Hermann, 1911.

[2]) NERNST, *op cit.*, p. 35.

[3]) Les trois principales de ces lois sont les suivantes : *a)* Les corps se combinent en proportions déterminées et invariables. *b)* Quand deux corps se combinent en plusieurs proportions, la quantité de l'un d'eux étant supposée constante, il faut doubler, tripler, etc., celle de l'autre, pour passer du composé qui en renferme le moins à ceux qui en renferment davantage. *c)* Les chiffres qui expriment les rapports suivant lesquels un certain nombre de corps s'associent avec une quantité constante d'un même élément, expriment aussi comme tels, ou multipliés par un coefficient très simple, les rapports suivant lesquels ces mêmes corps s'associent entre eux.

« L'immutabilité dans la proportion des composants, écrit Ramsay, est la caractéristique de la combinaison qu'accompagnent généralement l'uniformité dans les propriétés et l'homogénéité [1]. « Nous pouvons, dit Nernst, faire varier dans de larges limites la composition des mélanges physiques, tandis qu'une combinaison chimique, quelle que soit la voie par laquelle on l'a obtenue, a une composition constante » [2]. Pour lui, la loi de Dalton est la loi fondamentale de la chimie. Elle s'applique avec une rigueur absolue à toutes les unions d'éléments qui ont le caractère de combinaisons chimiques.

3° Enfin, un troisième signe révélateur des combinaisons nous est fourni par la quantité considérable de chaleur mise en liberté dans le fait de la réaction chimique [3].

68. Objection. — L'application de la thermodynamique à la chimie n'a-t-elle pas supprimé toute distinction réelle entre

1) Ramsay, *La chimie moderne*, 2me partie, p. 1. Paris, Gauthier-Villars, 1911.

2) Nernst, *op. cit.*, p. 36. — Il est parfois difficile de savoir si une matière est un mélange ou une combinaison, question spécialement importante quand il s'agit d'alliages métalliques La détermination du diagramme de fusion des métaux qui forment l'alliage, permet de résoudre facilement cette question, car si l'on a affaire à une combinaison, un maximum de la courbe de fusion correspond à la composition indiquée par l'analyse. Cfr. Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, p. 96. Paris, Gauthier-Villars, 1909

3) En citant le dégagement de chaleur comme caractéristique des combinaisons chimiques, nous ne prétendons point que *toutes* les combinaisons dégagent plus de chaleur que *tous* les phénomènes physiques. Non seulement certains phénomènes physiques, tel le passage de l'eau, de l'état gazeux à l'état liquide, donnent lieu à une production de chaleur plus considérable que la combinaison de l'hydrogène et du soufre, mais il existe même des combinaisons endothermiques, c'est-à-dire des composés qui se font avec absorption de chaleur. Nul n'ignore pareils faits élémentaires. Mais d'accord avec la généralité des chimistes, nous disons que, d'ordinaire, et notamment dans les combinaisons spontanées, les phénomènes thermochimiques sont plus considérables que les phénomènes thermophysiques.

Cette distinction suffit au point de vue où nous nous plaçons actuellement.

la combinaison et le mélange ? Les lois qui régissent les équilibres chimiques ne sont-elles pas identiques à celles des changements d'état physique ? [1])

Sur les frontières des états d'équilibre, le plus léger changement de température ou de pression suffit à renverser le sens d'une réaction chimique, comme aussi à faire passer un corps d'un état physique à un autre [2]).

Les faits invoqués sont réels, mais à notre avis, la conclusion qu'on en tire est illogique. En d'autres termes, l'identité des lois thermodynamiques, qui régissent ces deux sortes de phénomènes, ne prouve nullement l'identité des phénomènes qui y sont soumis.

En effet, les choses les plus disparates, les corps simples, les composés, les êtres doués de vie ne sont-ils pas soumis aux mêmes lois de la physique et de la mécanique ? De ce que l'homme et le végétal se trouvent tous deux placés sous l'empire de la loi de la pesanteur, s'ensuit-il qu'ils partagent la même nature ?

En réalité, la loi de l'action des masses et la loi des phases s'étendent aux phénomènes chimiques et physiques, mais les effets produits sous le régime de ces lois conservent leurs

[1]) DUHEM, *Thermodynamique et chimie*, n. 95. Paris, Hermann, 1902. — CHAROUSSET, *Le problème métaphysique du mixte (Revue de philosophie*, 1903), p. 546. — BOUTY, *La vérité scientifique*, p. 318. Paris, Flammarion, 1908. « Les territoires jadis limitrophes de la chimie et de la physique, dit-il, tendent maintenant à se confondre. »

[2]) L'eau peut exister à l'état solide, liquide et gazeux. D'après la loi des phases, les trois états ne peuvent se trouver en équilibre qu'à une pression et à une température bien déterminées. A la température de 0°0097 et sous la pression de 4mm57, la glace, l'eau liquide et la vapeur d'eau peuvent coexister. Mais un changement, même très léger, soit dans la température, soit dans la pression, fait disparaître l'un de ces états. Les mêmes règles s'appliquent aux systèmes chimiques. A telle température et à telle pression, il peut y avoir équilibre entre $CaCO_3$ et ses produits de décomposition CaO et CO_2. — Si on augmente, par exemple, la pression, une certaine quantité de $CaCO_3$ se refait aux dépens de CaO et de CO_2.

caractères distinctifs : d'une part, c'est le passage d'un état à un autre, par exemple de l'état solide à l'état gazeux ; de l'autre, c'est la métamorphose d'éléments libres en un composé nouveau bien défini, ou l'inverse. En un mot, les lois des changements sont les mêmes, mais les changements diffèrent profondément sous le rapport de leur intensité et de leurs caractères [1]).

D'aucuns s'étonnent peut-être de ce que, dans ces états d'équilibre, la combinaison et la décomposition des mêmes éléments se réalisent avec la même facilité.

La difficulté semble s'évanouir si l'on se rappelle que l'affinité est une force essentiellement relative et dépendante de certaines conditions de pression et de température. On comprend dès lors, qu'il doit y avoir de ces états-limites où les phénomènes inverses de combinaison et de décomposition sont possibles, et qu'il suffit d'un petit changement de température ou de pression, pour briser l'équilibre et favoriser l'une des réactions au détriment de l'autre.

69. Premier signe de la combinaison. Les propriétés nouvelles du composé. — Quant à la nature de ce changement, tous les partisans du mécanisme ne partagent pas la même opinion.

1) Urbain et Sénéchal. *La chimie des complexes*. Paris, Hermann, 1913. « Cette manière de voir, disent ces auteurs, ramène à une seule idée les différences d'état physique, de propriétés cristallographiques et les phénomènes distingués sous le nom de polymérie, etc... Entre le benzène et l'acétylène, la différence cesse d'être plus essentielle qu'entre la glace et l'eau.

Les chimistes organiciens opposent à cette manière de voir leur système de formules structurales. Le désaccord paraît profond ; il n'est que verbal : les thermodynamiciens considèrent des « systèmes chimiques » alors que les organiciens considèrent exclusivement des « espèces définies ».

Toute discussion cesse si l'on veut reconnaître le bien-fondé de ces deux points de vue dont la valeur scientifique est incontestable. » p. 47.

1re opinion. — Selon les uns, les atomes conserveraient leurs propriétés intactes au sein du composé.

Toute combinaison, dit-on, suppose un équilibre interatomique, une coordination des mouvements. Or, une fois enlacés, ces mouvements élémentaires ne peuvent plus se manifester de la même manière qu'à l'état de liberté ; ils produisent sur nos organes une impression nouvelle qui nous fait conclure à un changement interne et profond. En réalité, ils s'y trouvent inchangés.

Dans son traité de physique, Daguin lui-même s'est fait l'écho de cette opinion : « La constance dans les propriétés des produits, quels que soient les moyens employés pour les obtenir, les lois mêmes qui régissent les combinaisons, l'identité de propriétés des substances que l'on sépare des corps composés formés, quand on en fait l'analyse, montrent, dit-il, que dans ces migrations, les parties premières des corps n'ont pas subi d'altérations. Autrement, les résultats différeraient.... et les substances sorties de ces réactions variées ne présenteraient plus les mêmes propriétés » [1]).

Que penser de cette opinion ? — Quelle que soit la valeur scientifique de la théorie nouvelle, on ne peut méconnaître que le témoignage des sens lui est peu favorable. Qui de nous en effet se résignerait à ne voir dans ce sel blanc, appelé vulgairement sel de cuisine, qu'un simple enchevêtrement d'atomes inchangés de chlore et de sodium, l'un, corps gazeux, à odeur suffocante et d'une couleur verdâtre, l'autre, métal mou et d'une teinte argentée ? « Il est manifeste, écrit Nernst, que lorsqu'un métal réagit sur un métalloïde, il se forme quelque chose de nouveau et de particulier. Une substance telle que le chlorure de sodium présente les plus grandes différences avec ses composants, parce que des forces chimiques particulièrement puissantes agissent dans la formation de ce corps [2]).

[1]) *Traité de physique*, t. I, p. 47.

[2]) NERNST, *Traité de chimie générale*, 1re part., p. 461. Paris, Hermann, 1911.

Les caractères individuels des atomes, dit-on, persistent dans la synthèse nouvelle. Pourquoi donc ne se manifestent-ils pas ? Car si les mouvements ne sont point détruits mais simplement enchevêtrés, ils y conservent leur réalité totale et devraient, semble-t-il, produire dans nos organes les impressions qui leur correspondent [1]).

A défaut de preuve contraire, nous serions donc en droit d'ajouter foi à cet éclatant témoignage et de rejeter l'hypothèse qui le contredit.

Toutefois, dans le domaine des perceptions sensibles si fécond en illusions, il est toujours aisé à nos adversaires d'invoquer la possibilité d'une erreur des sens. Un appel direct aux faits scientifiques communément admis sera, croyons-nous, plus décisif.

Parmi ses plus belles conquêtes, la science moderne place, avec raison, le principe de la conservation de l'énergie. Dépouillé de son enveloppe technique, il peut s'exprimer comme suit : Malgré les transformations de l'univers matériel, la somme globale des énergies reste constamment la même, de sorte que tout gain d'énergie réalisé par un corps quelconque accuse toujours une perte correspondante subie par un autre.

Or, l'expérience quotidienne le prouve, les combinaisons s'accompagnent d'un dégagement parfois énorme de chaleur, d'électricité, de lumière, d'énergie chimique. Le milieu ambiant en profite, il s'échauffe, s'éclaire, s'électrise.

D'où vient cette énergie ? Évidemment, des masses combinées, c'est-à-dire des atomes qui en sont les seuls constitutifs. L'énorme quantité de mouvements dégagés par la réaction mesure donc la perte réelle éprouvée par le composé nouveau. Nier cette déperdition serait admettre une production d'énergie non compensée par une perte équivalente.

[1]) Cfr. Dr A Michelitsch, *Atomismus, Hylemorphismus und Naturwissenschaft*, S. 10, n. 30. Graz, 1897. — Schneid, *Naturphilosophie*, dritte Auflage, S. 207. Paderborn, 1899.

A maintenir la conservation intégrale des propriétés élémentaires au sein du composé, cachée sous le voile d'un enchevêtrement de mouvements atomiques, on arrive donc à la négation formelle d'un principe dont le mécanisme lui-même proclame l'inébranlable certitude.

Difficulté. Distinction entre mouvements moléculaires et mouvements atomiques. — En général, les réactions chimiques se réalisent avec une certaine perte d'énergie. Mais qu'est-ce qui prouve que cette dispersion de force se fait toujours aux dépens des mouvements atomiques ?

Les atomes d'un corps, on le sait, n'existent point à l'état de petites individualités isolées. Ils tendent naturellement à se grouper, à se réunir en molécules composées de deux, de quatre ou même d'un plus grand nombre de congénères.

Ces *molécules* primitives, d'ailleurs très stables, possèdent un mouvement d'ensemble, propre, distinct de celui des atomes. Lorsque deux corps donnés, par exemple, le chlore et l'hydrogène, entrent en combinaison, leurs molécules s'agitent, s'entrechoquent, se désagrègent en cédant au milieu ambiant une partie plus ou moins considérable de leurs mouvements respectifs. Les *atomes,* au contraire, mis en liberté avec leurs mouvements spécifiques et inaliénables, se rivent les uns aux autres et transportent ainsi dans le composé nouveau la totalité de leurs caractères individuels.

Le principe de la conservation de l'énergie ne se trouve-t-il pas de la sorte sauvegardé, sans que les mouvements atomiques subissent la moindre altération ?

Solution de cette difficulté. — A entendre cette distinction subtile, ne croirait-on pas qu'aux yeux des mécanistes, le mouvement joue le rôle d'une petite entité mobile, toujours en course autour de la molécule, prête à subir les assauts de l'extérieur, et à protéger les évolutions tranquilles des atomes ?

Trop poétique, cette représentation imaginative. Le mouve-

ment moléculaire n'a pas de siège en dehors de la molécule. Il réside tout entier en elle, ou mieux, il n'est que le déplacement des atomes groupés. Partant, pas de chocs intramoléculaires qui n'atteignent du même coup les masses atomiques. Quels seraient en effet les sujets récepteurs des chocs, si on soustrait à leur action les atomes constitutifs des molécules ?

D'ailleurs, ici encore les faits eux-mêmes contredisent l'hypothèse.

A l'aide d'une chaleur suffisante, on parvient à triompher des groupements moléculaires et à mettre en liberté les éléments qu'ils contiennent. C'est le cas pour le mercure, le zinc, le cadmium, l'iode, le chlore et bon nombre d'autres corps. Les combinaisons devenant alors interatomiques, les dégagements de chaleur, d'électricité, etc. ne peuvent évidemment plus se produire qu'au détriment des atomes eux-mêmes, puisqu'eux seuls interviennent comme facteurs immédiats de la réaction.

2me opinion. — Plus respectueux de l'expérience, plusieurs mécanistes aiment à reconnaître que les unions chimiques entraînent avec elles des changements profonds dans les propriétés corporelles.

Nous sommes heureux d'acter cette concession. Mais l'erreur a sa logique, et nous le montrerons bientôt, pour avoir reconnu ce fait, la théorie mécanique se trouve dans l'impossibilité de concilier avec ses principes généraux, la décomposition régulière des corps, ainsi que la réintégration des éléments dans leur état naturel.

70. Second signe de la combinaison Les phénomènes thermiques. Explication mécanique de ces phénomènes. — Plusieurs chimistes attribuent le dégagement de chaleur au frottement qu'exerceraient les molécules réagissantes les unes sur les autres pendant toute la durée de l'action chimique.

Cette explication ne plaît pas au P. Secchi. « Le frottement,

dit-il, étant simplement une partie du travail moteur qui, dans nos machines, devient travail résistant, nécessite constamment l'intervention d'une cause première ; dans le cas particulier des actions chimiques, le frottement ne peut être regardé comme principe initial du mouvement, puisque son existence suppose l'action préalable d'une force. Une semblable hypothèse nous enfermerait dans un cercle vicieux » [1]).

Selon lui, la vraie cause réside dans l'intensité des chocs intramoléculaires et interatomiques, ainsi que dans les changements qui se produisent, au moment de la combinaison, dans les atmosphères éthérées des atomes élémentaires.

C'est aussi la pensée de Berthelot. « En résumé, écrit-il, les phénomènes thermochimiques peuvent être attribués aux transformations de mouvement, aux changements d'arrangement relatif, enfin aux pertes de force vive qui ont lieu au moment où les molécules hétérogènes se précipitent les unes sur les autres pour former les composés nouveaux » [2]).

Intensité des chocs et rupture de l'équilibre, voilà donc les deux causes mécaniques génératrices de la chaleur [3]).

Examinons cette interprétation.

Deux caractères distinguent les phénomènes thermiques d'origine chimique : la constance relative et la spécificité. C'est à ce double point de vue que se fera le contrôle.

[1]) P. Secchi, *L'unité des forces physiques*, c. XIV.

[2]) Berthelot, *Essai de mécanique chimique*, p. XXVII. Paris, Dunod, 1879.

[3]) La nouvelle conception électronique de la combinaison chimique n'apporte aucun changement essentiel à l'interprétation mécanique. Comme le dit M. Rey : « Le mouvement, le déplacement dans l'espace reste l'élément figuratif unique de la théorie physique». Cfr. *La théorie de la physique*, p. 47. Paris, Alcan, 1907. Que les électrons soient les agents principaux de la combinaison, il demeure vrai qu'en théorie mécanique, c'est par leurs mouvements qu'ils rempliront leur rôle. La physique électronique « est une théorie mécanique, écrit Lippmann,... mais c'est une mécanique généralisée, car l'inertie et la force vive n'y sont plus liées à des masses pondérables, et la mécanique des corps pondérables n'en serait qu'un cas particulier. » Cfr. Righi, *Théorie moderne des phénomènes physiques* (préface de Lippmann, p. 4).

71. Le mécanisme est incapable de rendre compte de la constance et de la spécificité des phénomènes thermochimiques. — Le phénomène thermique qui accompagne une combinaison peut être influencé par différentes causes. D'abord, l'expérience le prouve, les variétés allotropiques d'un corps simple ne dégagent pas la même quantité de chaleur lorsqu'elles se combinent avec un même élément réactionnel. On connaît, par exemple, sept variétés d'argent métallique, qui toutes dégagent une quantité de chaleur différente dans leur combinaison avec l'oxygène.

La température peut avoir aussi sa part d'influence sur la grandeur du phénomène thermique. Si les générateurs du composé et le composé lui-même sont solides, cette influence est souvent nulle, car la chaleur spécifique des éléments, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un corps, reste, d'ordinaire, la même dans le composé. Il en est autrement si des liquides et des gaz entrent en réaction ; car il existe une différence considérable entre les chaleurs spécifiques des substances réagissantes et celles des substances formées.

Mais, si l'on tient compte de ces facteurs d'ordre physique et si l'on n'examine que la quantité de chaleur dégagée par l'action chimique, on peut dire que cette quantité est constante et constitue une des caractéristiques de chaque combinaison [1]).

Ainsi l'hydrogène et le chlore se combinent entre eux, soit sous l'excitation de la lumière, soit sous l'influence de l'étincelle électrique, soit sous l'excitation de la force calorifique.

Malgré la diversité de ces agents physiques, $35^{gr},5$ de chlore, en s'unissant à 1^{gr} d'hydrogène, mettent en liberté 22 calories.

[1]) Pour que le phénomène thermique d'une combinaison soit constant, il est clair que les substances réagissantes et le produit de la réaction doivent être considérés dans un même état physique bien déterminé, car tout changement d'état physique contribue à augmenter ou à diminuer le phénomène thermique. La formation de H_2O, à l'état gazeux, dégage 58 calories ; celle de H_2O à l'état liquide, 68. La différence de ces deux quantités de chaleur provient uniquement du passage de l'état gazeux à l'état liquide.

Rien de plus régulier ni de plus précis que ce phénomène. Il commence à un moment donné, se déploie suivant une loi qui ne relève que des masses réagissantes, se termine après un travail accompli parfaitement déterminé.

Voici, par exemple, un bocal renfermant les deux gaz mentionnés ; j'y plonge un thermomètre, et soumets le tout à l'action d'une chaleur modérée. Que constatons-nous ? L'ascension de la colonne mercurielle répond fidèlement à l'intensité progressive du calorique communiqué, aussi longtemps que l'action chimique tarde à se produire. Celle-ci vient-elle à se déployer, le thermomètre monte rapidement, même si l'apport de chaleur extérieure ne varie pas, et les calculs nous montrent que 22 calories se sont dégagées.

Voilà le fait ; est-il conciliable avec les principes du mécanisme ?

Évidemment non. Dès là qu'on identifie toutes les énergies chimiques avec le mouvement local pur et simple, la constance du phénomène, son indépendance vis-à-vis des énergies étrangères qui le provoquent, disparaissent fatalement.

Que requièrent, en effet, ces deux caractères distinctifs des phénomènes thermochimiques ?

Une cause stable, permanente, toujours identique à elle-même, une cause enfin qui réside dans la nature des masses réagissantes. La mise en activité de cette cause foncière peut bien dépendre de certaines circonstances que viennent réaliser les agents physiques, telles la chaleur, l'électricité ou la lumière. Encore faut-il que le déploiement de son énergie trouve sa mesure dans les aptitudes naturelles et internes des substances réactionnelles.

Or, dans la théorie mécanique, la cause est extérieure à l'atome et essentiellement variable ; c'est le mouvement communiqué. Comme tout mouvement, les énergies thermochimiques devront donc subir l'influence directe des agents physiques, se modifier au gré de leur action, sans qu'il soit possible de tracer une ligne de démarcation, dans la production globale de chaleur, entre le

phénomène d'origine chimique et le phénomène effectué par des causes étrangères.

72. Troisième signe de la combinaison. Les lois de poids. — La plupart des chimistes regardent l'indivisibilité chimique des atomes comme le véritable fondement des lois pondérales. « Si les corps sont indéfiniment divisibles, dit un éminent chimiste, on ne conçoit pas comment il peut se faire qu'ils ne se combinent pas suivant toute proportion de poids, ou toute proportion de volume » [1]).

D'ailleurs, pour Dalton lui-même, le restaurateur de l'atomisme hellénique, la découverte de la loi « des proportions multiples » ne fut-elle pas le trait de lumière qui le fit adhérer sans retour à la théorie nouvelle ?

En général, tel est aussi l'avis des mécanistes.

Certes, il n'entre pas dans notre pensée de vouloir amoindrir le mérite de ces travailleurs de marque, qui, au prix de longues et difficiles recherches, ont su découvrir dans le fouillis des faits les admirables lois qui régissent les activités chimiques de la matière. Tout en rendant hommage à ces pionniers de la science, on irait cependant à l'encontre des faits si on affirmait que le mécanisme peut revendiquer une part quelconque de ces précieuses découvertes.

Les lois pondérales sont en effet le fruit et l'expression de l'expérience. Comme telles, elles ne relèvent d'aucune théorie philosophique ou scientifique. Et si l'hypothèse des atomes paraît, au moins selon les savants modernes, nous indiquer la cause originelle explicative de ces lois, par contre, le dogme mécaniste de l'homogénéité de la matière ne jette aucune lumière sur le problème à résoudre.

Qu'importe en effet la *nature* de l'atome ! Pourvu qu'il existe, il jouera le rôle qu'on lui assigne.

[1]) HENRY, *Précis de chimie générale*. Louvain. — VÉRONNET, *L'atome nécessaire (Revue de philosophie*, octobre 1909), pp. 384 et suiv.

Mais ce qui paraît étonnant, c'est l'assurance avec laquelle les tenants du mécanisme recourent à l'indivisibilité atomique comme à un postulat évident, alors que de tous les faits chimiques, nul, peut-être, n'est plus ouvertement opposé à leurs principes. Nous l'avons établi plus haut, placer dans une matière homogène, animée d'un mouvement variable, le principe de la diversité constante des poids atomiques, c'est supprimer le lien essentiel de proportionnalité qui rattache un effet à sa cause.

En résumé, des trois caractères distinctifs de la combinaison chimique, il n'en est pas un seul qui ne crée à la théorie mécanique d'insurmontables difficultés.

§ 5

La récurrence des espèces chimiques

73. **Exposé du fait.** — Le monde inorganique nous présente un dernier fait qui, banal en apparence, n'en a pas moins captivé de tout temps l'attention de l'homme de science et du philosophe : c'est la récurrence invariable des mêmes espèces minérales au sein de l'évolution cosmique.

Dans la nature, se réalisent sans cesse des combinaisons nombreuses que le chimiste renouvelle pour la plupart à son gré dans son laboratoire.

La matière élémentaire, emportée par le tourbillon des activités chimiques, passe par des milliers de composés où elle revêt chaque fois des propriétés nouvelles. Ces édifices moléculaires sont à peine formés que déjà la nature s'en empare, les désagrège, soit pour remettre leurs éléments en liberté, soit pour en faire des synthèses plus complexes. Néanmoins, malgré ces métamorphoses profondes où les caractères distinctifs des corps semblent être le jouet des forces matérielles, toujours se manifestent à nos regards les mêmes espèces chimiques simples ou composées, ornées de cet ensemble de propriétés que le chimiste et le physicien leur ont un jour reconnues.

74. **Quelles sont les raisons explicatives de ce fait?** — Bien qu'il soit d'un haut intérêt de scruter la nature des substances matérielles, et de rechercher s'il n'existe point, dans ce fond intime, un principe caché qui règle les activités corporelles, bornons-nous actuellement à déterminer les conditions immédiates et manifestes auxquelles ce fait général semble soumis.

Si les affinités électives se trouvaient livrées aux caprices du hasard ou des circonstances contingentes des réactions chimiques, si même l'homme de science pouvait les modifier à son gré, nous verrions se réaliser à chaque instant les associations les plus bizarres, les plus désordonnées; les prévisions du savant perdraient cette assurance qui lui permet de se diriger si facilement dans le dédale des activités corporelles. C'en serait fait de la science ainsi que du cours admirable de la nature.

De même, supprimez les lois de poids si fixes, si invariables, que de milliers d'espèces nouvelles viendront se substituer aux espèces actuelles et transformer par leur présence et leurs actions le régime de notre globe! Tout changement, en effet, dans les rapports pondéraux des masses réactionnelles se répercute fatalement dans les caractères spécifiques de la synthèse.

Le chlorure cuivreux $CuCl$, constitué d'un atome de chlore et d'un atome de cuivre, est un beau corps blanc, peu énergique, remarquable par son insolubilité dans l'eau. Ajoutez-y un seul atome de chlore, vous le transformerez en un sel vert, le chlorure cuivrique $CuCl_2$ de puissante énergie chimique, soluble dans l'eau en grande quantité.

Stabilité des lois de poids, constance de l'affinité, voilà bien deux conditions indispensables au maintien de l'ordre universel.

Il en est une troisième non moins importante.

Tout composé chimique a ses propriétés distinctives qui en font une véritable individualité. En concourant à sa formation, les éléments se sont donc dépouillés de leurs caractères connaturels pour revêtir, en commun, un ensemble de qualités nou-

velles, propres à l'état d'union. D'autre part, ils ont cependant conservé l'aptitude à reprendre chacun, sous l'influence d'une même cause extrinsèque, leurs propriétés primitives.

Il ressort de ce double fait, que dans le composé même doit résider une cause qui puisse diviser l'action extérieure et différencier son effet; sinon, la réapparition simultanée des éléments composants resterait inexpliquée ou même inexplicable.

75. L'explication mécanique satisfait-elle à ces conditions? — Nous ne reviendrons plus sur les lois de poids ni sur l'affinité chimique : la critique que nous avons faite de l'interprétation mécanique de ces lois naturelles, nous a révélé suffisamment la faiblesse de la théorie.

Mais la troisième condition mérite une attention spéciale.

A première vue, on serait tenté de croire que nul système ne peut, mieux que le mécanisme, nous donner une explication simple et adéquate de la reviviscence des éléments dans le fait de la décomposition des corps. Les parties constitutives de l'édifice moléculaire du composé y conservent leur être individuel; leurs mouvements mêmes ne sont point altérés, mais simplement enchevêtrés. Coupez ce nœud gordien, brisez ces liens; qu'y a-t-il d'étonnant à ce que chacune de ces parties reprenne sa liberté et son état primitif?

Apparemment très simple, cette explication se complique de difficultés bien sérieuses dès qu'on veut la mettre en harmonie avec l'ensemble des faits.

La question soulevée laisse le champ libre à deux hypothèses : ou bien les atomes restent inchangés au sein du composé, — c'est l'opinion favorite d'un grand nombre de mécanistes, — ou bien ils y reçoivent des propriétés nouvelles [1]).

Le mécanisme choisit-il la première, il se voit obligé de contredire au principe de la conservation de l'énergie [2]), et de con-

[1]) Pour ne rien préjuger de la nature des corps, nous employons ici le terme *propriétés nouvelles* dans le sens actuellement reçu par les chimistes.

[2]) Voir plus haut, n. 69, pp. 131-135.

tester la valeur du témoignage des sens qui nous attestent à l'unanimité les changements profonds apportés par la combinaison dans les éléments associés.

Veut-il accepter la seconde, il se met dans l'impossibilité de justifier le fait en question.

D'une part, en effet, les atomes combinés se trouvent dépouillés dans la synthèse de leurs propriétés natives ou, du moins, ils y ont subi des altérations profondes; de l'autre, à raison même de leur identité essentielle, nous ne pouvons leur accorder aucune aptitude spéciale à recevoir telles ou telles propriétés déterminées; toute exigence spécifique étant incompatible avec l'homogénéité des masses atomiques. Il n'existe donc aucune raison pour que l'agent extrinsèque qui vient enlever à un composé un ou plusieurs de ses constitutifs pour les entraîner dans sa sphère d'action, communique toujours aux autres leur mouvement primordial. Dès lors, les atomes, une fois dégagés de leurs liens, devraient nous apparaître avec des caractères toujours nouveaux, toujours en rapport avec la cause qui leur a rendu la liberté.

« On se demande, dit avec beaucoup d'à-propos M. Domet de Vorges, comment il se fait que certains tourbillons qui déterminent la nature des corps simples, soient tellement permanents qu'ils se retrouvent toujours les mêmes, après s'être mêlés et enchevêtrés les uns dans les autres. La fixité des essences matérielles semble bien peu compatible avec cette variabilité et cette communicabilité qui est le caractère propre du mouvement local » [1]).

76. Conclusion générale. — De tous les domaines particuliers des sciences naturelles, nul ne semblait plus favorable que la chimie à asseoir définitivement les principes du mécanisme. C'est là, du moins l'affirmait-on, que ce grand système

[1]) Domet de Vorges, *La métaphysique en présence des sciences*, p. 119.

devait puiser les preuves péremptoires de sa fécondité et de son caractère vraiment scientifique.

Brillantes furent ses promesses, mais plus éclatante encore est la déception qu'il nous a laissée en prenant contact de la réalité.

A titre de *théorie cosmologique,* le mécanisme n'avait point à s'occuper de la partie expérimentale de la chimie, c'est-à-dire de cet ensemble de faits et de lois dont la découverte et la preuve sont le fruit exclusif de l'expérimentation. Il avait simplement pour mission de pénétrer l'au-delà de l'expérience, d'indiquer aux hommes de science les raisons dernières de l'ordre chimique.

Or, de ce point de vue, son échec fut complet.

Les trois propriétés fondamentales des atomes : le poids spécifique, l'affinité élective et l'atomicité d'où dépend la nature de tout composé, les caractères distinctifs de la combinaison et la perpétuité des espèces au sein de l'évolution rythmique de la matière, tous ces grands faits qui résument la chimie entière, sont restés inconciliables avec les principes essentiels du système.

Quelle en est la cause ?

Il suffit de jeter un regard superficiel sur les phénomènes chimiques pour y découvrir deux caractères saillants, indéniables : la *spécificité* et la *constance.* Tous ont leur physionomie propre, irréductible. Tous naissent, disparaissent, se succèdent enfin les uns aux autres suivant un ordre harmonieux que rien ne peut troubler. Il fallait donc, semble-t-il, pour les expliquer, supposer dans les êtres un principe foncier de spécification qui fût à la fois un principe régulateur de leurs activités, une connexion nécessaire et naturelle entre le fonds substantiel de chaque être et l'ensemble de ses propriétés distinctives. Comme le dit M. Rivaud, « pour le cosmos, c'est surtout l'ordre et la régularité du devenir qu'il s'agit d'expliquer. Et la puissance de vie, la puissance féconde qui en rend compte, c'est la

nature. Avec la notion de nature, l'idée d'un devenir ordonné prend une apparence visible et saisissable » [1]).

Le mécanisme fit abstraction de ce double aspect qui signale les phénomènes matériels, pour n'en considérer que l'aspect purement *quantitatif* et *individuel*. De là, la réduction de la nature à la masse homogène et à l'instable mouvement local.

Il est vrai que toute activité chimique s'accompagne d'un mouvement proportionnel à l'intensité de l'action, et que de ce chef, on était en droit de rechercher en lui la mesure du phénomène produit. Aussi, si les partisans du système n'avaient eu d'autre prétention que de nous fournir une mesure ou évaluation mécanique de chaque fait individuel, ils seraient à l'abri de tout reproche. La justesse de ces déterminations est même une des causes qui ont le plus accrédité cette opinion dans l'esprit des savants.

Mais ce n'était là qu'une vue partielle, peut-être la moins importante des phénomènes chimiques. L'aspect qualitatif, la constance du phénomène, les lois immuables qui le régissent, les liaisons fixes et déterminées qui l'enchaînent aux antécédents et aux conséquents, tout ce complexus de circonstances, que l'interprétation mécanique ne pouvait atteindre, devaient être forcément pour le système une pierre d'achoppement, une preuve de son insuffisance.

C'est dans cet exclusivisme scientifique qu'il faut placer, croyons-nous, la raison foncière de sa faiblesse.

Comme le dit avec à-propos M. Mach : « La mécanique ne saisit pas la *base* de l'univers ; elle n'en saisit pas davantage une *partie* ; elle en expose simplement un *aspect* » [2]).

[1]) Rivaud, *Le problème du devenir et la notion de la matière*, p. 404. Paris, Alcan, 1906.

[2]) Mach, *La mécanique*, p. 478. Paris, Hermann, 1904. — Telle est aussi la pensée que M. Duhem a souvent développée, notamment dans son bel ouvrage : *L'évolution de la mécanique*. Paris, Alcan, 1903. — *L'évolution de la mécanique* (*Revue générale des sciences*, 1905), p. 184.

M. Rey a donné un résumé fidèle de la critique de M. Duhem dans : *La*

ARTICLE II

Faits de l'ordre physique

§ I

Faits cristallographiques

77. La forme cristalline ; la structure intime du cristal. — Lorsque les corps passent lentement, et à l'abri de toute cause perturbatrice, de l'état liquide ou gazeux à l'état solide, beaucoup d'entre eux se revêtent de formes géométriques. On dit alors qu'ils sont cristallisés.

La régularité que présentent les faces planes d'un cristal, n'est cependant que la manifestation sensible d'une régularité interne et invisible beaucoup plus importante aux yeux du cristallographe. Tandis que dans le corps amorphe aucune loi ne préside au groupement des particules, et que l'arrangement de la matière y est partout également confus, dans un milieu cristallisé, au contraire, tout est réglé : les distances intramoléculaires, l'orientation des particules, et les directions diverses des plans cristallins.

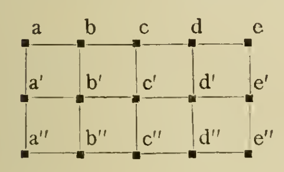
D'après la théorie cristalline, un cristal est un réseau à triple

théorie de la physique chez les physiciens contemporains, p. 139. Paris, Alcan, 1907. D'après cet auteur, dit-il, « la mécanique traditionnelle, la mécanique du mécanisme, si l'on peut dire, est insuffisante. Elle porte sur certaines abstractions, sur certaines simplifications apportées aux phénomènes naturels, non sur les phénomènes naturels. Rien d'étonnant alors, qu'on ne puisse tirer d'une série d'hypothèses qui, de parti pris, négligent certaines propriétés naturelles, une explication de ces propriétés ».

dimension [1]), formé de mailles parallélépipédiques ; les nœuds des mailles sont occupés par des *particules complexes* [2]) identiques entre elles sous le triple rapport de la composition chimique, du poids spécifique et de la forme cristalline. Toutes ces molécules sont orientées dans l'espace de la même manière ; elles se trouvent à égale distance les unes des autres dans une même direction et dans toutes les directions parallèles.

78. La genèse de l'état cristallin. — Ces conditions admises, la genèse du cristal s'explique avec la plus grande facilité.

Supposons en effet qu'à une certaine distance de la particule *a*, vienne se placer une particule *b*. La position d'équilibre et par suite la distance *ab* seront déterminées par les attractions et répulsions de ces deux masses. Mais comme ces intervalles intraparticulaires sont extrêmement petits, les molécules ne jouiront d'un équilibre stable, qu'à la condition d'opposer l'une à l'autre leurs axes d'attraction minima ou maxima. Il en sera de même des répulsions. De là, la nécessité pour les particules de prendre la direction commandée par leurs axes de même intensité et de présenter, dans un même plan de l'espace, des faces identiques. Bref, elles seront semblablement orientées.



[1]) L'hypothèse qui représente le cristal sous la forme d'un assemblage réticulaire est due à Bravais. La structure réticulaire de la matière cristallisée, déjà confirmée par de nombreuses expériences, a été récemment mise en évidence par la photographie des cristaux sous l'action des rayons X Cfr. BRUNET, *La nature des rayons X et la structure réticulaire des corps cristallisés* (*Revue générale des Sciences*, 15 février 1913), pp. 101-104.

[2]) DE LAPPARENT, *La philosophie minérale*, p. 174. Paris, Bloud, 1910. « Les particules complexes, dit-il, seront toutes orientées de la même façon, et auront leurs centres disposés sur les nœuds d'un réseau de Bravais ; et cela en vertu de l'expérience qui nous révèle l'identité des propriétés physiques des cristaux en tous les points. »

Tout ce que nous venons de dire de *a* et de *b*, s'applique aux particules *c, d, e,* etc. Nous obtiendrons de la sorte une série rectiligne de particules, équidistantes et orientées de la même façon, pourvu toutefois qu'on leur accorde à toutes une même forme cristalline et un poids spécifique identique.

Représentons-nous maintenant une nouvelle particule *a'*. Sa situation est réglée par le jeu des forces attractives et répulsives des molécules *a* et *a'*. Celles-ci opposent aussi l'une à l'autre leurs axes de même attraction ou de même répulsion pour réaliser un équilibre stable ; mais ces axes n'étant pas nécessairement identiques dans toutes les directions, on comprend aisément que la distance *a'a* peut être inférieure ou supérieure à la distance *ab*. Cependant, en vertu de la loi énoncée tantôt, toutes les distances *a'b', b'c', c'd', d'e',* seront identiques entre elles et équivalentes aux distances *ab, bc, cd, de*. De plus, toutes les particules de cette nouvelle série auront une orientation absolument semblable à celle des particules de la série antérieure.

Ainsi en est-il d'une troisième, d'une quatrième file de particules.

D'évidence, le mode de distribution de la matière observé dans ce plan, doit se reproduire dans tout plan parallèle, situé soit au-dessus, soit en dessous de celui-ci. Il en résultera l'assemblage ou le réseau à trois dimensions que nous avons décrit tantôt. Dans une direction donnée et dans toute direction parallèle, l'orientation des particules et les distances intermoléculaires seront donc identiques. Mais elles pourront être très différentes pour d'autres directions, ou d'autres plans.

Par là s'explique, par exemple, le clivage ou cette propriété en vertu de laquelle certains cristaux se laissent facilement diviser en lames planes aussi minces que l'on veut. Ces directions privilégiées correspondent en effet aux directions de moindre attraction moléculaire et de minimum de résistance.

79. **Classification des formes cristallines.** — Les formes cristallines répandues à la surface du globe sont très nombreuses. La cristallographie les a rangées en six grandes familles, appelées *systèmes cristallins.*

Chaque système présente cette particularité, qu'en partant d'une forme cristalline donnée, appelée forme fondamentale ou primitive, il est possible d'en déduire, conformément à des lois que la nature elle-même observe, toutes les autres formes appartenant à ce système. Le trait de parenté qui se retrouve dans les formes dérivées, est la symétrie déterminée par la forme primitive [1]).

Système cubique. — Il a pour forme fondamentale le *cube.* Son caractère essentiel est de posséder trois axes principaux de symétrie, égaux et perpendiculaires entre eux. Ces axes passent par le centre du cube et aboutissent au milieu des faces opposées qui sont toutes des carrés. Pour qu'une forme appartienne à ce système, il faut qu'elle présente cette symétrie parfaite.

Système du prisme à base carrée. — Les bases de ce prisme sont des carrés égaux ; les faces verticales forment des rectangles. Cette forme fondamentale comprend trois axes de symétrie perpendiculaires entre eux ; mais deux de ces axes sont égaux ; ils réunissent les milieux des faces latérales oppo-

[1]) Les éléments de symétrie dans les polyèdres sont les plans, les centres et les axes.

Un *centre* de symétrie est un point tel, que tous les sommets du polyèdre considéré soient distribués deux à deux sur des lignes droites passant par ce point et à égale distance de part et d'autre.

Un *axe de symétrie* est une ligne telle, que si l'on imprime au polyèdre, autour de cette ligne, une rotation d'amplitude déterminée, tous les sommets de ce polyèdre se trouvent simplement substitués les uns aux autres, continuant à occuper les mêmes lieux dans l'espace.

Un *plan de symétrie* est un plan qui divise le polyèdre en deux parties telles, que l'une soit l'image fidèle de l'autre.

sées ; un troisième est vertical et diffère en longueur des deux autres.

Théoriquement, il existe un nombre illimité de prismes à base carrée, car le rapport de la hauteur à la largeur varie à l'infini.

Système hexagonal. — Le prisme qui en constitue la forme primitive a pour base un hexagone régulier. On y trouve quatre axes de symétrie. L'un d'eux est vertical et réunit les milieux des deux bases. Trois autres égaux entre eux, mais différents en longueur du quatrième, aboutissent au milieu des arêtes verticales opposées ; ils font en se coupant des angles de 60°. Comme le rapport des axes horizontaux à l'axe vertical est susceptible d'un nombre incalculable de variations, il existe aussi une multitude indéfinie de prismes hexagonaux.

Système orthorhombique. — Sa forme fondamentale est un prisme droit dont les bases constituent des losanges ou des rhombes. On y distingue trois axes de symétrie, perpendiculaires entre eux mais d'inégale longueur. De ces trois axes, deux sont horizontaux et réunissent les milieux des arêtes verticales ; le troisième est vertical et aboutit au centre des deux bases [1]).

Pour la raison alléguée tantôt, le nombre de prismes orthorhombiques, théoriquement possibles, est indéfini.

Système monoclinique ou clinorhombique. — On lui donne pour forme caractéristique un prisme à deux sortes de faces. Les unes, basiques, sont des losanges inclinés. Les autres, verticales, forment des parallélogrammes égaux. Des trois axes de symétrie que comprend ce système, deux se coupent obliquement : c'est l'axe vertical qui réunit le milieu des deux bases,

[1]) Dans certains cristaux cependant, les axes horizontaux aboutissent au milieu des faces verticales. Cfr. Dr Brauns, *Mineralogie*, S. 30 und 35. Leipzig, 1897.

et l'axe incliné qui aboutit au milieu des deux arêtes opposées H. Le troisième, qui coupe en parties égales les deux autres arêtes, est perpendiculaire aux autres axes.

Système clinoédrique ou triclinique. — Sa forme fondamentale est un parallélépipède à trois sortes de faces. Les bases inclinées ne forment plus de losanges. Les trois axes que l'on peut encore s'imaginer ne sont plus des axes de symétrie ; ils se trouvent inclinés l'un sur l'autre et diffèrent entre eux de longueur.

80. **Comment les formes d'un système dérivent-elles de la forme fondamentale ?** — En soumettant à certaines modifications les angles et les arêtes d'une forme primitive, on arrive à en déduire toutes les autres formes susceptibles de rentrer dans le système choisi.

On peut pratiquer sur les *arêtes* une troncature ou un biseau. Dans le premier cas, chaque arête se trouve remplacée par une face nouvelle. Dans le second, deux faces se substituent à l'arête biseautée.

Les *angles solides* sont aussi transformables de plusieurs manières. La troncature remplace l'angle par une face. Le pointement direct substitue à l'angle solide trois faces également inclinées sur les faces antérieures. Le pointement indirect nous donne aussi, au lieu de l'angle, trois faces ; mais celles-ci sont tournées du côté des arêtes. Le pointement double est l'application simultanée des deux précédents ; il remplace l'angle solide par six faces. Enfin, dans certains cas, on peut aussi pratiquer un biseau sur l'angle et lui substituer deux faces nouvelles.

Théoriquement, le nombre de formes résultant de ces modifications est indéfini. En fait, il existe quelques lois qui le restreignent considérablement [1]).

[1]) C'est d'abord la loi de symétrie qui s'énonce comme suit : Dans un cristal, les parties de même espèce doivent être modifiées en même temps

81. Importance de la forme cristalline. — Ce qui intéresse le plus dans les phénomènes de cristallographie, c'est la loi que formulait déjà l'abbé Hauy, à la fin du XVIIIe siècle : « Les corps de même composition chimique ont une même forme cristalline, les corps de composition différente ont aussi une forme cristalline différente. »

En un mot, chaque espèce chimique a sa forme cristalline spécifique.

Ainsi, l'oligiste Fe_2O_3, le quartz SiO_2, la calcite $CaCO_3$, cristallisent dans le système rhomboédrique, mais l'angle dièdre caractéristique diffère dans chacun de ces corps. Le premier a un angle de 86°1', le second de 94°15, le troisième de 105°10'. La valeur de ces angles est invariable [1]).

Grâce à cette constante relation, la cristallographie est devenue le complément naturel de la chimie : elle lui fournit un signe révélateur de la nature et de la spécificité de toutes les substances cristallisables.

« La forme cristalline, écrit M. Hutchinson, est une propriété absolument caractéristique d'un composé chimique, et... de plus, elle a été actuellement déterminée dans le cas de plus de 10.000 substances » [2]).

A première vue, cette loi générale paraît en opposition

et de la même manière. Les parties d'espèce différente doivent, si on les modifie, subir des modifications différentes. Ainsi, on peut tronquer les arêtes basiques d'un prisme à base carrée sans tronquer les arêtes verticales qui sont d'espèce différente. De même, la troncature d'une arête basique qui réunit deux faces différentes doit être inclinée inégalement sur les faces.

La seconde loi s'appelle d'ordinaire « la loi de rationalité et de simplicité des paramètres ». En voici l'énoncé : Les longueurs des paramètres de tous les solides dérivés d'une forme fondamentale donnée, doivent se trouver dans un rapport rationnel et simple avec les longueurs des paramètres correspondants de la forme fondamentale.

[1]) La loi de la constance de l'angle dièdre n'est cependant qu'une loi approchée. Cfr. Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 85. Paris, Hermann, 1911.

[2]) Hutchinson, *Chimie minéralogique. (Les progrès de la chimie en 1912*, p. 313. Paris, Hermann, 1913).

flagrante avec certains cas nettement définis que les cristallographes ont appelés du nom d'isomorphisme et de polymorphisme.

82. **Isomorphisme.** — L'isomorphisme est la propriété que possèdent certains corps de pouvoir cristalliser ensemble en toutes proportions et de revêtir une forme cristalline commune [1]).

Ce cas est réalisé notamment dans les carbonates prismatiques qui tous cristallisent en prismes orthorhombiques, et dans les carbonates rhomboédriques.

Y a-t-il dans ces faits une exception réelle à la loi énoncée ?

Distinguons d'abord deux cas qui peuvent se présenter.

Ou bien les corps isomorphes appartiennent au système cubique.

Dans cette hypothèse, l'isomorphisme ne prouve ni pour ni contre la loi. En effet, pour différencier les formes cristallines, nous n'avons d'autre critérium que les axes de symétrie et les angles dièdres. Or ces éléments sont identiques dans toutes les formes du système. Nous nous trouvons donc dans l'impossibilité de nous prononcer sur l'identité ou la diversité de ces formes.

Ou bien les corps isomorphes font partie de l'un des cinq autres systèmes.

Dans ce cas, l'isomorphisme ne constitue pas davantage une dérogation à la règle générale. Expliquons-nous :

Les carbonates prismatiques forment sans aucun doute, parmi les substances isomorphes, l'un des groupes les plus intéressants. Lorsque ces corps cristallisent *isolément*, chacun d'eux

[1]) Pour l'exposé des diverses variétés d'isomorphisme, cfr. WALLERANT, *Cristallographie*, liv. V. Paris, Béranger, 1909.— BRUNI, *Feste Lösungen und Isomorphismus*. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1908.— MAURAIN, *Les états physiques de la matière*, pp. 235 et suiv. Paris, Alcan, 1910. — NERNST, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 215 et passim. Paris, Hermann, 1911.

présente un angle dièdre spécial, comme le prouve le tableau suivant :

Aragonite	$CaCO_3$	116°10′
Strontiane	$SrCO_3$	117°19′
Cérusite	$PbCO_3$	117°14′
Withérite	$BaCO_3$	117°48′

Ainsi en est-il des carbonates rhomboédriques :

Calcite	$CaCO_3$	105°5′
Diallogite	$MnCO_3$	106°51′
Sidérose	$FeCO_3$	107°
Giobertite	$MgCO_3$	107°20′
Smithsonite	$ZnCO_3$	107°40′

Ces espèces chimiques ont donc des formes très rapprochées, mais non identiques. Or, en cristallographie, toute différence constante d'angle, quelque petite qu'elle soit, est spécifique.

La loi se trouve par conséquent rigoureusement observée, chaque fois que ces substances cristallisent séparément.

Il est vrai que les corps isomorphes possèdent aussi la faculté de *cristalliser ensemble* et de prendre une forme cristalline commune. Mais la similitude même de ces corps rend facilement compte du fait. Bien que les carbonates composants aient leur forme cristalline spécifique, leurs molécules ont cependant la même composition générale et, sans doute, le même degré de symétrie attesté par la presque identité des formes. Il n'est donc pas étonnant qu'elles se juxtaposent dans un même réseau en revêtant une forme cristalline commune.

« Mais il n'en va pas de même, écrit de Lapparent, quand l'expérience enseigne qu'on peut faire cristalliser ensemble en toutes proportions, le chlorate de soude cubique ($NaClO_3$), le chlorate de potasse monoclinique ($KClO_3$) et l'azotate de soude rhomboédrique ($NaNO_3$). Comment ces trois noyaux, de symétrie incompatible, pourraient-ils se substituer les uns aux autres

sur les nœuds d'un même réseau ? Ici vraiment la tolérance de la nature semble passer les bornes.

» Cependant l'anomalie va disparaître, si nous examinons plus attentivement les cristaux eux-mêmes. Nous remarquons alors que leur système cristallin est si peu fixe, qu'il change avec la température. Cela donne l'idée de comparer leurs paramètres avec ceux du système cubique. Tantôt la presque identité des chiffres saute aux yeux du premier coup ; tantôt elle devient évidente après multiplication par des facteurs simples. Donc, la symétrie apparente de ces sels isomorphes nous trompait sur la vraie nature de leur réseau. S'il n'est pas rigoureusement cubique, il s'en faut du moins de bien peu.

» La même constatation peut se faire sur un grand nombre de substances appartenant aux groupes chimiques les plus divers »[1]).

D'après cette interprétation, la molécule de chaque corps isomorphe conserverait donc sa forme cristalline spécifique au sein du mélange, comme l'exige le principe énoncé plus haut.

83. Polymorphisme. — Le polymorphisme est la propriété en vertu de laquelle un corps donné peut cristalliser sous des formes cristallines incompatibles.

Le soufre naturel et celui qu'on obtient dans les laboratoires par voie humide, sont orthorhombiques, tandis que le soufre fondu est clinorhombique. Le sulfure de zinc est cubique dans la *blende*, hexagonal dans la *würtzite*.

On a donné de ce fait deux explications différentes.

« Le polymorphisme, écrit le cristallographe français, peut s'expliquer, soit par la différence intrinsèque des polyèdres moléculaires, soit par la variabilité des groupements qui donnent naissance à une forme cristalline » [2]).

Suivant la première hypothèse, il existerait un dimorphisme réel. En d'autres termes, la particule du corps polymorphe

[1]) DE LAPPARENT, *La philosophie minérale*, p. 162. Paris, Bloud, 1910.

[2]) DE LAPPARENT, *Cours de minéralogie*, p. 262. Paris, Savy, 1884.

aurait elle-même des formes cristallines différentes, correspondant aux formes extérieures dont le corps est susceptible.

Faut-il voir dans ce cas une dérogation véritable à la loi générale ?

Nullement, car il se peut que, sous ses formes diverses, la molécule chimique ne conserve pas la même nature individuelle. Les oxydes nous en offrent un exemple frappant. Ces corps, on le sait, se font remarquer par une tendance prononcée à la polymérisation. Or, d'après le degré de condensation moléculaire, ils manifestent des propriétés physiques si diverses qu'on les prend, à bon droit, pour des espèces différentes.

La diversité de forme moléculaire correspond donc ici à une véritable diversité de nature chimique.

Dans la seconde hypothèse, le polymorphisme n'affecte que le *groupement* de polyèdres moléculaires semblables. Quant à la *molécule* du corps, elle resterait identique à elle-même, malgré la diversité des formes cristallines extérieures, car cette diversité provient uniquement des modes différents de groupement ou d'orientation des particules.

Que conclure de cette nouvelle interprétation ?

Elle nous permet, elle aussi, de faire rentrer le cas de polymorphisme sous la loi générale. En effet, le polyèdre moléculaire, ou l'embryon cristallin qui constitue l'individu, possède une forme cristalline spécifique et constante. La forme extérieure du groupement n'est plus qu'une forme accidentelle, totalement étrangère aux natures individuelles.

« Le fait que cette dernière cause doit intervenir dans le plus grand nombre de cas se laisse soupçonner, si l'on s'attache à cette observation que la forme la plus symétrique est presque toujours une forme-limite de celle qui l'est le moins » [1]).

Ainsi, l'on comprend aisément qu'une substance orthorhombique, dont l'angle dièdre se rapproche considérablement de l'angle droit du cube, peut offrir, soit des individus à symétrie

[1]) DE LAPPARENT, *Cours de minéralogie*, p. 279.

uniquement orthorhombique, formés par une seule orientation du réseau, soit des individus où les diverses orientations seront mélangées de manière à présenter extérieurement des formes cubiques parfaites. Ces dernières formes seraient alors pseudo-cubiques, tandis que la seule forme véritable appartiendrait au système orthorhombique.

« Les formes les moins symétriques d'un minéral polymorphe, dit de Lapparent, tendent vers les plus symétriques comme vers une limite... Il s'agit là de groupements, analogues à ceux des corps à symétrie-limite, et qui ne donnent pas des résultats identiques, parce qu'ils correspondent d'ordinaire à des températures différentes. Complètement enchevêtrés l'un dans l'autre, les éléments du groupement fournissent l'une des variétés du corps polymorphe ; plus localisés dans certaines parties, ils en donnent une autre, et la chaleur en modifiant cet arrangement, peut opérer le passage de la première variété à la seconde.

» Ainsi l'ordre apparaît partout, même dans les phénomènes qui semblaient contradictoires avec les lois régulières de la cristallisation, et autour de l'idée de symétrie-limite, s'introduit une impression générale d'harmonie » [1]).

En résumé, ni le polymorphisme, ni l'isomorphisme ne constituent une réelle dérogation à la loi générale qui attribue, à chaque espèce chimique, une forme cristalline spécifique.

Au surplus, y eût-il une exception véritable [2]), cette loi

[1]) de Lapparent, *Philosophie minérale*, p. 165. Paris, Bloud, 1910.

[2]) Pour rendre compte de tous les phénomènes et en particulier de la faculté que possèdent certaines substances de donner simultanément des cristaux qui, non seulement ont une orientation différente, mais qui ne sont même pas superposables, il a fallu élargir la conception ordinaire du polyèdre moléculaire, la remplacer par l'hypothèse de la *particule complexe*, dont nous donnons plus bas la constitution.

« La fécondité de la méthode, dit de Lapparent, est encore attestée par la facilité avec laquelle elle semble permettre l'explication du *polymorphisme*. Pour cela, il suffit à M. Vallerant d'appliquer aux particules fondamentales les règles de la symétrie-limite. On comprend que l'existence d'éléments-limites dans une particule de ce genre, doive entraîner un groupement semblable à celui des cristaux proprement dits, et qui engendrera une particule

demeurerait l'expression d'une tendance générale de la nature qui, dans certains cas, peut être contrariée par des circonstances particulières.

§ 2

Le mécanisme en cristallographie

84. Postulat fondamental de la théorie cristalline. — L'hypothèse cristalline, admise actuellement par la généralité des savants, s'est montrée d'une incontestable fécondité. De l'avis de tous, l'ensemble des phénomènes relatifs à l'état parfait de la matière y trouvent une explication rationnelle, souvent très simple et pleinement satisfaisante. Comme toute théorie, elle dépend cependant d'un postulat, qui revêt, dans l'espèce, une primordiale importance. Elle suppose, en effet, que la particule du corps cristallisé est elle-même douée de la forme spécifique du cristal entier. Selon Bravais, l'état cristallin n'admettrait pas d'autre raison physique.

Le point délicat dans le phénomène de cristallisation n'est donc pas de savoir, comment, sous l'empire des forces attrac-

complexe. Or si les éléments-limites en question font justement entre eux les angles exigés par la symétrie réelle d'un polyèdre, le groupement des particules fondamentales ne peut se faire que d'une manière et le corps est *monomorphe*.

» Si, au contraire, les angles des éléments-limites sont légèrement différents de ceux qui conviendraient, il se produira divers groupements, donnant naissance à des particules complexes non identiques, quoique très voisines et de même symétrie générale. Dans la cristallisation, ces particules se disposeront suivant les mailles des réseaux presque rigoureusement semblables : mais les différences se traduiront par des apparences de cristallisation distinctes engendrant le polymorphisme.

» D'ailleurs, les angles des éléments-limites, ainsi que le degré de leur approximation, seront susceptibles de varier avec la température. » DE LAPPARENT, *Philosophie minérale*, p. 187. — Cfr. PICARD, *La science moderne et son état actuel*, pp. 210-211. Paris, Flammarion, 1912. — MAURAIN, *Les états physiques de la matière*, pp. 166-175. Paris, Alcan, 1910.

tives et répulsives, des particules, qui présentent en miniature la forme du cristal sensible, viennent réaliser l'ordre et la symétrie du réseau cristallin. D'évidence, les lois de l'équilibre suffisent à justifier ce fait. Mais ce que l'hypothèse laisse encore dans l'ombre, et qu'il est du plus vif intérêt de connaître, c'est la genèse de l'embryon cristallin ou de la forme moléculaire.

85. Constitution de l'embryon cristallin. — Le polyèdre cristallin est un édifice très complexe [1]). Aux nœuds des mailles dont l'assemblage constitue le cristal sensible ou le réseau de Bravais, se trouvent les embryons cristallins qu'on appelle aujourd'hui *particules complexes*.

Quelle est la constitution de chacune de ces particules ?

On admet que la *particule complexe,* vrai cristal en miniature, résulte du groupement symétrique de plusieurs *particules fondamentales,* dont chacune contient un nombre plus ou moins grand de molécules chimiques. Les particules fondamentales peuvent différer les unes des autres de forme et d'orientation. Il se peut qu'elles soient dépourvues de toute symétrie. Mais par leur groupement ordonné, elles réalisent cet édifice symétrique et géométriquement organisé qui est la particule complexe.

L'état cristallin suppose donc une triple condensation progressive : l'union des atomes pour constituer la molécule chimique — l'association des molécules chimiques qui a pour résultat la particule fondamentale — l'organisation géométrique des particules fondamentales qui engendre la particule com-

[1]) Dans l'état actuel de la cristallographie, ce serait une erreur de confondre la molécule cristalline avec la molécule chimique. « La particule, écrit de Lapparent, élément indispensable et ultime de la formation d'un cristal, est bien autre chose qu'une molécule. C'est un polyèdre que ses éléments de symétrie, passant tous par le centre de gravité, divisent en une série de cellules pyramidales, les *cellules fondamentales* de Schoenflies, aboutissant par leurs bases à la périphérie. Dans chacune de ces cellules habite une *particule fondamentale*, elle-même agrégat de molécules chimiques en nombre probablement assez grand. » Cfr. *Atomes et molécules (Revue des Questions scientifiques*, avril 1902, p. 371).

plexe. C'est cette dernière organisation qui constitue l'acte de cristallisation proprement dit.

La particule complexe est donc un milieu spécifié en sorte que les propriétés optiques sont déterminées, non par le réseau à la formation duquel concourent tout un ensemble de particules complexes, mais par chacune des particules complexes elles-mêmes [1]).

Bien que la science actuelle ne soit pas encore parvenue à évaluer le nombre des éléments intégrants du polyèdre cristallin, il est certain que, dans un cristal donné, ce nombre est parfaitement déterminé et identique pour chacun des polyèdres. Selon la théorie, en effet, toutes les particules cristallines, admises à faire partie d'un réseau, possèdent, d'ordinaire, le même poids spécifique.

En second lieu, puisque l'embryon cristallin est lui-même doué de la forme géométrique du cristal sensible, les molécules chimiques qui le constituent, doivent s'y agencer suivant des directions choisies, et dans un ordre propre à chaque espèce de corps. Sinon, la symétrie interne et la régularité des contours du polyèdre embryonnaire n'auraient pas de cause déterminante.

86. Critique de l'interprétation mécanique. — Quel peut être, dans la théorie mécanique, ce principe régulateur qui préside à l'agencement des molécules chimiques au sein du polyèdre cristallin, en fixe le nombre, en détermine enfin le mode d'union ?

On fait appel au mouvement des particules homogènes ; mais ne l'a-t-on pas dépouillé de tout élément finaliste, de toute

[1]) de Lapparent, *Philosophie minérale*, p. 177. Si la formation de la particule complexe a lieu dans des circonstances où le réseau ne peut se former — ce qui se présente parfois chez les liquides — on a alors ce que l'on a appelé le « système amorphe » qui agit, au point de vue optique, comme les cristaux eux-mêmes : de tels liquides peuvent, par exemple, dévier soit à droite, soit à gauche, le plan de la lumière polarisée, etc. Cfr. Wallerant, *Cristallographie*, c. IV. Paris, Béranger, 1909. — Gaubert, *Les cristaux liquides (Revue scientifique*, 9 janvier 1909).

tendance interne vers un but déterminé ? Comment se produit donc cette convergence des mouvements moléculaires qui groupe dans l'édifice polyédrique, conformément aux lois établies, les éléments destinés à en faire partie ?

Ces particularités du phénomène de la cristallisation, direz-vous, sont la conséquence fatale d'un état d'équilibre de la matière. Les corps ont une tendance innée à la stabilité, et c'est justement l'état cristallin qui répond à ce vœu de la nature. D'accord, vous énoncez un fait ; nous sommes à la recherche des causes qui le réalisent. Or dans un fourmillement de molécules, animées des mouvements les plus divers, s'entrechoquant en tous sens, nous ne découvrons aucun agent capable de déterminer le groupement polyédrique et de lui donner, avec une précision mathématique, sa forme cristalline.

Si, des profondeurs des masses moléculaires, un principe de finalité immanente imprimait aux mouvements des directions privilégiées, le mode d'association et sa constance se comprendraient peut-être plus aisément. Mais se peut-il que des masses, essentiellement homogènes, se trouvent sous l'empire d'inclinations spécifiques ?

Sous quelque aspect qu'on l'envisage, soit que l'on scrute les modalités du mouvement, soit que l'on pénètre la nature intime du corps, ce phénomène reste une énigme, car il est marqué au coin de l'ordre, et l'ordre ne se conçoit point sans un principe régulateur.

§ 3

Faits physiques proprement dits

Dans cet exposé, nous nous occuperons exclusivement des propriétés physiques qui présentent, pour les différentes espèces de corps, des caractères différentiels et peuvent, à ce titre, servir au physicien de criterium de spécification [1]). C'est à ce

[1]) Pour ne rien préjuger de la nature intime des corps, nous prenons ici le mot *espèce* dans le sens que lui accordent les hommes de science.

point de vue qu'elles ont leur place marquée dans une étude cosmologique.

87 Poids spécifique. — Tous les corps occupent dans l'espace un certain volume ; mais, sous un même volume, tous ne renferment point la même quantité de matière. Dans la détermination du poids relatif des corps, les physiciens ont choisi l'eau pour unité de mesure ; ils appellent densité ou poids spécifique d'une substance solide ou liquide, le rapport de son poids à celui d'un même volume d'eau distillée à son maximum de densité.

L'expérience démontre que chaque corps a une densité rigoureusement spécifique.

88. État naturel des corps. — Sous l'influence de la chaleur ou d'un refroidissement suffisant, tous les corps passent successivement par les trois états, liquide, solide et gazeux. Le carbone, que l'on avait regardé jusqu'ici comme un corps infusible et fixe, fut récemment volatilisé à une température de 3500°. L'hydrogène lui-même, rangé d'ordinaire parmi les gaz permanents ou réfractaires à tout changement d'état, a pu être liquéfié et solidifié.

Néanmoins, dans les circonstances ordinaires de pression et de température, chaque corps a son état propre [1]).

Il est vrai qu'un grand nombre de substances matérielles sont naturellement gazeuses, mais aucune ne l'est au même degré. Le chlore à —35° prend facilement l'état liquide. L'oxygène n'y arrive qu'à une température de —181° 4. L'hydrogène exige un refroidissement de —220°.

[1]) Ce fait s'accorde avec cet autre fait, que la matière représente un état d'équilibre entre les forces intimes dont elle est douée et les forces externes qui l'enveloppent. Dans le même milieu, chaque corps a son état spécial, bien que le corps le plus rigide puisse se transformer en vapeur dans le vide absolu. Cfr. Lebon, *L'évolution des forces*, p. 355. Paris, Flammarion, 1912.

Ces différences d'aptitude à abandonner leur état normal se remarquent également chez les corps solides et liquides.

Si l'on tient compte de ce fait général, il est donc permis d'affirmer que l'état d'un corps est un caractère spécifique. Or, d'où dépend cet état ? De la cohésion qui s'exerce entre les particules, et, en dernière analyse, de la molécule chimique ou des atomes qui constituent respectivement l'individualité du corps.

89 Phénomènes calorifiques. — Le **coefficient de dilatation** d'un corps solide ou liquide est, en général, l'accroissement que prend l'unité de volume, lorsque la température s'élève de 0° à 1°. Ce coefficient diffère d'une substance à l'autre ; il reste néanmoins constant pour une substance déterminée.

On a longtemps admis que tous les gaz se dilatent de la même manière quand on les soumet à une même variation de température, la pression restant la même.

Mais la loi de Gay-Lussac qui exprime ce rapport est une loi-limite. Il en est ainsi de la loi de Mariotte d'après laquelle, la température restant la même, le volume d'un gaz serait en raison inverse de la pression. Il résulte des expériences de Régnault, que les coefficients de dilatation des corps gazeux diffèrent réellement les uns des autres, bien que ces différences soient extrêmement petites et diminuent de plus en plus, à mesure que les gaz s'approchent de l'état gazeux parfait. L'hydrogène et l'oxyde de carbone en donnent un bel exemple. Le premier a pour coefficient, sous pression constante, 0,003661 ; le second, 0,003669 [1]).

La loi générale ne comporte donc pas d'exception.

[1]) Ces deux lois ont été complétées par la loi de Van der Waals, qui devra elle même subir certaines modifications pour rester conforme aux expériences d'Amaga sur la compressibilité des liquides. Cfr. Bouty, *La vérité scientifique*, pp. 102 et suiv. Paris, Flammarion, 1908.

90. **Chaleur spécifique.** — Si l'on prend comme unité de chaleur la calorie, c'est-à-dire la quantité nécessaire pour élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau, on constate qu'il faut communiquer aux masses égales de corps différents, un nombre différent de calories pour élever leur température d'un degré.

En un mot, les corps se diversifient par leur capacité calorifique ou leur chaleur spécifique [1]).

L'examen de ce fait a conduit deux physiciens, Dulong et Petit, à la découverte d'une loi remarquable qui rattache la physique à la chimie. En voici la formule : « La chaleur spécifique des corps simples solides est en raison inverse des poids atomiques. » En d'autres termes, ces deux données sont dans un tel rapport, qu'en les multipliant l'une par l'autre on obtient une constante.

Citons quelques exemples :

Le zinc	a pour	chaleur spécifique	0,0955	d'où le produit 6,2.
»	»	poids atomique	64,9	
Le sodium	»	chaleur spécifique	0,2924	d'où le produit 6,7.
»	»	poids atomique	23,043	
Le potassium	»	chaleur spécifique	0,1655	d'où le produit 6,5.
»	»	poids atomique	39,137	

Pour les corps solides, la moyenne ou la constante est 6,4. Pour les corps gazeux parfaits, elle est 3,0 [2]).

[1]) « Les chaleurs spécifiques des solides à pression constante, qui sont données par l'expérience, augmentent d'une façon continue avec la température entre 0° et 1000°. » Cfr. BAUER, *Les quantités élémentaires d'énergie*, p. 123 (*Les idées modernes sur la constitution de la matière*). Paris, Gauthier-Villars, 1913.

« Les chaleurs spécifiques des gaz polyatomiques ne sont pas constantes, mais augmentent d'une façon absolument continue avec la température. C'est ainsi que la chaleur moléculaire de l'oxygène et de l'azote passe de 5 à 6 lorsque la température s'élève de 0° à 1400°. » BAUER, *op. cit.*, p. 122.

[2]) « La chaleur spécifique des gaz monoatomiques (à volume constant) est de 3,0, environ la moitié de ce qu'exige la loi de Dulong et de Petit pour les corps solides. » NERNST, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 196.

Quant aux autres corps, elle oscille entre ces deux chiffres, en se rapprochant de l'un ou de l'autre, selon que le corps tend davantage vers l'état solide ou vers l'état gazeux [1]).

Plus tard, Régnault, Kopp, Woestyn ont étendu la loi aux composés eux-mêmes et établi « qu'au poids moléculaire de chaque composé solide correspond une chaleur spécifique qui est, au moins approximativement, la somme des chaleurs spécifiques des atomes contenus dans la molécule ».

C'est, on le voit, un moyen précieux de découvrir le nombre d'atomes d'une combinaison donnée.

Ainsi, le produit de la chaleur spécifique de l'iodure de plomb $PbIo_2$ par le poids de la molécule, donne 19,65. Or, si l'on divise ce produit par 3, on obtient 6,55, c'est-à-dire un chiffre à peu près équivalent à celui qu'on obtiendrait en multipliant la chaleur spécifique d'un atome par son poids.

Mais la conclusion importante qui se dégage de ces lois, c'est que chaque corps simple ou composé jouit d'une capacité calo-

[1]) Cette loi n'est pas rigoureusement vraie, puisque la chaleur atomique, c'est-à-dire le produit du poids atomique par la chaleur spécifique, peut varier considérablement avec la température, avec l'état d'agrégation et d'autres circonstances physiques.

« Si nous tenons compte, dit Lothar Meyer, que, généralement, la loi n'est plus vraie dans le voisinage du point de fusion ou à l'état liquide, on peut admettre... que la loi de Dulong et Petit est vraie pour tous les éléments métalliques, ou sinon absolument pour tous, du moins pour tous entre certaines limites de température déterminées, parce que, dans l'intervalle de ces limites la chaleur spécifique ne varie que peu avec la température... » *Les théories modernes de la chimie*, p. 90. Paris, Carré, 1887. — Cfr. DE THIERRY, *Introduction à l'étude de la chimie*, p. 355. Paris, Masson, 1906. — PERRIN, *Les atomes*, p. 31. Paris, Alcan, 1913. — C. MARIE, *Revue de chimie physique (Revue générale des Sciences*, 30 mars 1913), p. 234.

« Les expériences de Weber et de Pionchon ont montré, dit M. Bauer, que les exceptions connues à la loi de Dulong et de Petit disparaissent vers 900° (pour les corps solides), mais aux basses températures les phénomènes présentés par le carbone, le silicium et le bore deviennent absolument généraux ; au dessous de —80° les chaleurs atomiques sont toutes inférieures à la valeur exigée par la loi de Dulong et de Petit » BAUER, *Les quantités élémentaires d'énergie (Les idées modernes sur la constitution de la matière*, Paris, Gauthier-Villars, 1913, p. 123).

rifique spécifique, laquelle, dans beaucoup de cas, et moyennant certaines conditions de température, est inversement proportionnelle à son poids atomique ou moléculaire.

91. Point de fusion ou de vaporisation. — Sous pression ordinaire, tout corps entre en fusion à une température déterminée, invariable et qui lui est propre. L'étain fond à 228°, le plomb à 335, le zinc à 350, le platine à 1775.

Le point de fusion peut dépendre de certaines causes accidentelles ; « il ne semble pas néanmoins, écrit M. Nernst, qu'aucune autre constante naturelle soit aussi appropriée à la caractérisation d'un composé chimiquement défini » [1]).

De même, sous une pression donnée, la vaporisation ne commence qu'à une température fixe et spéciale pour chaque substance.

92. Chaleur latente de fusion et de vaporisation. — Pendant toute la durée de ces phénomènes, et quel que soit le calorique communiqué, la chaleur sensible du corps reste constamment la même. On appelle « chaleur latente de fusion et de vaporisation » le nombre de calories absorbées par un kilogramme d'un corps donné pour passer, sans élévation de température, de l'état solide à l'état liquide, ou de celui-ci à l'état gazeux.

Ce nombre varie d'une substance à l'autre.

93. Conductibilité calorifique. — La vitesse avec laquelle la chaleur se transmet à travers la matière, dépend aussi de la nature des corps, ou, comme s'expriment les physiciens, la conductibilité calorifique est une propriété spécifique.

94. Pouvoir absorbant et émissif. — Soumettez à l'action d'une même chaleur et dans des conditions identiques,

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 381. Paris, Hermann, 1911.

des corps de nature différente ; chacun d'eux en absorbera des quantités diverses. De même, à température et à surface égales, chacun en émettra une quantité spéciale.

Il y a donc lieu de leur attribuer un pouvoir absorbant et émissif spécifique.

95. Phénomènes optiques. — Réflexion régulière. — Les rayons lumineux qui tombent sur un corps poli se partagent en deux parties : les uns pénètrent dans le corps, les autres se relèvent comme repoussés par la surface. On dit alors qu'ils sont réfléchis. Parmi ces derniers, les uns le sont d'une manière régulière, les autres le sont dans toutes les directions autour du point d'incidence.

Pour un même corps, l'intensité de la lumière réfléchie régulièrement, augmente avec le degré de poli et l'angle d'incidence que forment les rayons avec la surface réfléchissante. Mais pour des corps de nature différente, polis d'ailleurs avec le même soin et ayant le même angle d'incidence, l'intensité varie selon la substance [1]).

Ces différences se constatent aussi dans le phénomène de réflexion régulière.

96. Réfraction simple. — Lorsque les rayons lumineux passent obliquement d'un milieu dans un autre, ils éprouvent une déviation à laquelle on a donné le nom de *réfraction*. Or cette déviation change nécessairement avec la substance qui fait fonction de milieu. C'est ce qu'exprime clairement la loi de Descartes : « Quelle que soit l'obliquité du rayon, le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction sont dans un rapport constant pour deux mêmes milieux, mais variable si les milieux changent » [2]).

« La réfraction moléculaire, écrit M. Nernst, est pour une

[1]) Jamin, *Cours de physique*, t. III, pp. 24 et suiv.

[2]) *Ouv. cit.*, t. III, p. 62.

substance donnée une grandeur caractéristique, qui ne dépend nullement des conditions dans lesquelles on en fait l'étude » [1]).

Les lois qui règlent la réflexion et la réfraction de la lumière régissent aussi les phénomènes calorifiques.

Elles fournissent ainsi un double indice de la distinction spécifique des corps.

97. **Couleur.** — La couleur ordinaire des corps est produite par l'extinction de certaines parties de la lumière blanche et la réflexion des autres parties non éteintes. Les corps qui les réfléchissent toutes dans les proportions voulues sont blancs ; ceux qui n'en réfléchissent aucune sont noirs. Entre ces deux limites extrêmes se présentent une infinité de nuances qui ne dépendent que du rapport établi entre les parties absorbées et les parties réfléchies [2]).

En réalité, aucun corps n'est coloré en l'absence de la lumière, puisque sa couleur est le résultat de son action sur la lumière reçue. La teinte d'un objet peut même varier, soit avec la source de lumière, soit avec le milieu. Cependant, il n'en reste pas moins vrai que les corps ont la propriété naturelle d'absorber ou d'éteindre telle ou telle partie d'un faisceau lumineux, et de renvoyer à l'œil du spectateur telle ou telle partie non éteinte.

Ainsi entendue, la couleur devient un caractère naturel du corps et peut servir, dans bien des cas, de moyen de spécification [3]).

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1 vol., p. 356. Paris, Hermann, 1911.

[2]) En fait, le mélange de toutes les couleurs du spectre solaire paraît blanc parce qu'à chacune d'elles correspond une couleur complémentaire de même intensité, qui, mélangée à la première, donne à l'œil la sensation du blanc.

[3]) La coloration des corps solides subit des changements notables lorsqu'ils se trouvent en solution étendue. La théorie des ions donne de ce fait une explication très satisfaisante. Cfr. Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, pp. 66-70. Paris, Gauthier-Villars, 1909. D'après Hantzsch, ces changements de coloration seraient dus à des changements de constitution du corps dissous. *Ber. der deutsche chem. Gesellschaft*, B. II, s. 1216, 1908.

Suivant M. Nernst, « le pouvoir absorbant (de la lumière) des substances varie avec leur nature entre des limites très écartées et de la façon la plus diverse, plus encore que la plupart des propriétés » [1]).

98. Propriétés spectrales. — Si l'on reçoit dans une chambre obscure un faisceau de lumière solaire, à travers une petite ouverture pratiquée dans le volet, ce faisceau tend à former une image ronde et incolore du soleil ; mais si l'on interpose sur son passage un prisme disposé horizontalement, le faisceau, à l'entrée et à la sortie du prisme, se réfracte, et au lieu d'une image ronde et incolore, on reçoit, sur un écran éloigné, une image oblongue et colorée des teintes de l'arc-en-ciel. Newton a donné à cette image le nom de *spectre solaire* [2]).

A l'examen du spectre solaire, on remarque qu'il est coupé par des raies sombres, placées à intervalles dans la bande brillante, où elles occupent même une position bien définie. Quelle est la cause de ce phénomène ?

Ces raies sombres proviennent de ce que certains gaz ou vapeurs, situées sur le trajet de la lumière solaire, absorbent une partie des radiations lumineuses. Ce sont des raies d'absorption.

Or, l'expérience a établi que les raies obscures, produites par un gaz dans le spectre de la lumière qui le traverse, deviennent brillantes et occupent identiquement la même place, lorsque ce gaz est porté à l'incandescence [3]).

Le sodium, rendu incandescent dans une flamme simple, donne un spectre strié par une double raie jaune qui occupe tout juste la place délimitée par la raie obscure D du spectre solaire ; d'où l'on peut conclure avec certitude, que les radia-

[1]) NERNST, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 388. Paris, Hermann, 1911.

[2]) GANOT, *Traité élémentaire de physique*, p. 495.

[3]) Les corps solides ou liquides émettent un spectre continu. Les gaz et vapeurs émettent un spectre constitué de bandes lumineuses séparées, ou de lignes.

tions lumineuses du soleil avaient été, en traversant l'atmosphère, partiellement absorbées par les vapeurs non incandescentes du sodium.

Le spectre d'*émission* n'est donc que le spectre d'*absorption* renversé.

La lumière nous fait ainsi connaître la nature des corps de deux façons : par les rayons lumineux qu'ils émettent et par l'absorption de certaines ondes lumineuses que ces corps occasionnent.

Comme le prouvent de nombreuses observations, chaque corps a son système de raies particulières, ou mieux, son spectre spécifique.

« Que chaque espèce de molécule, atome isolé, ou combinaison chimique ait son spectre particulier, c'est, dit M. Nernst, ce dont on ne peut douter ». « La façon de se comporter des gaz incandescents est caractéristique : ils n'émettent, ou tout au moins émettent principalement, *des rayons de longueurs d'onde parfaitement déterminées*, de sorte qu'ils fournissent un spectre formé de bandes lumineuses séparées, que, suivant le nombre et la largeur de ces bandes, on désigne sous le nom de *spectre de bandes* ou *spectre de lignes*. C'est sur ce fait que, dans des conditions données de température et de pression, à chaque gaz correspond un spectre d'émission parfaitement déterminé et à un haut degré caractéristique, qu'est basée l'analyse spectrale » [1]).

Selon M. Bouty, « le spectroscope est le guide le plus précieux pour la recherche des métaux ou des gaz nouveaux, leur séparation et leur purification naturelle » [2]).

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 218. — Sir Lockyer, *L'évolution inorganique*, c. II et III. Paris, Alcan, 1905. On doit à cette méthode la découverte de plusieurs corps simples, entre autres, le lithium, le caesium etc., la connaissance de la constitution chimique du soleil et des étoiles.

[2]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 311. Paris, Flammarion, 1908. — Il importe cependant de noter, qu'à chaque élément chimique correspondent

Les corps composés ont donné lieu à certaines controverses dans le monde des physiciens. Plusieurs ont cru n'apercevoir, dans le spectre de certaines combinaisons, qu'une simple réunion ou superposition des raies distinctives des composants. Une étude plus attentive des faits semble établir qu'en réalité, les hautes températures auxquelles les objets d'expérience se trouvent soumis, décomposent les corps en leurs éléments constitutifs, si bien que chacun doit naturellement produire les raies correspondant à sa nature.

Il arrive même qu'à ces températures élevées, non seulement le composé se désagrège, mais ses éléments mis en liberté reforment de nouvelles substances plus stables — à 3000° la vapeur d'eau contient les molécules H_2O, H_2, O_2, H_2O_2, O_3 et probablement H et O en quantités notables [1]).

Aussi longtemps, au contraire, qu'on leur conserve leur unité, les composés présentent, eux aussi, des propriétés spectrales très caractéristiques.

« Quand on veut obtenir, dit Daguin, le spectre d'un métal engagé dans une combinaison, il est essentiel d'opérer à une température suffisamment élevée pour que le métal soit mis en liberté. S'il n'en était pas ainsi, le spectre serait celui de la combinaison, car celle-ci possède un spectre propre » [2]).

99. **Propriétés acoustiques.** — Au point de vue cosmologique, ce genre de phénomènes ne présente qu'un intérêt secondaire. On connaît depuis longtemps la théorie physique du son. Quand les molécules d'un corps élastique ont été dérangées très peu de leur position d'équilibre, elles y reviennent dès

des spectres différents suivant le mode d'excitation ; de plus, la position et la largeur des raies et des bandes dépendent d'un grand nombre de facteurs : à citer notamment, le champ magnétique, la température, la pression, etc. Cfr. Houllevigue, *Revue annuelle d'optique (Revue générale des Sciences*, 30 août 1911), p. 650.

[1]) Nernst, *op. cit.*, p. 219.

[2]) Daguin, *Traité élémentaire de physique*, t. IV, p. 253.

qu'elles sont abandonnées à elles-mêmes, dépassent cette position en vertu de la vitesse acquise, pour y revenir de nouveau et s'y arrêter après avoir accompli un certain nombre d'oscillations d'amplitude décroissante. Ces oscillations, lorsqu'elles sont très rapides, se nomment *vibrations* et donnent naissance au son.

Les propriétés acoustiques varient donc avec les propriétés élastiques et la structure moléculaire des corps ; car il est clair que la nature de ces mouvements alternatifs ou vibrations dépend de l'élasticité et de la structure moléculaire du corps qui oscille.

Sur ce terrain de l'acoustique, on ne rencontre guère d'autre critérium de spécification.

100. Propriétés électriques. — Parmi les forces de la matière, il n'en est peut-être point de plus mystérieuse que l'électricité. Elle donne lieu à des effets multiples qui trahissent facilement sa présence, effets physiologiques, mécaniques, physiques et chimiques, mais jusqu'ici, sa nature intime échappe à toutes les investigations [1]).

Envisagée comme propriété différentielle, l'électricité permet de partager les corps en *bons* et *mauvais conducteurs,* d'après l'aptitude qu'ils possèdent de transmettre aux corps voisins l'électricité développée en eux, ou de la retenir dans l'intérieur de leur masse.

En fait, il n'existe aucune substance qui ne puisse être électrisée, mais il y a des corps isolants ou conducteurs, c'est-à-dire

[1]) Suivant l'opinion de Franklin, l'électricité serait un fluide impondérable dont chaque corps contient une quantité normale. Si la charge dépasse cette quantité, il y a électrisation positive. Dans le cas contraire, l'électricité est négative. Pour Clausius et d'autres physiciens, l'électricité se confondrait avec l'éther dans lequel baignent les molécules de tous les corps et qui remplit les espaces interplanétaires. Les phénomènes d'électrisation traduiraient des états particuliers de l'éther. Actuellement on regarde l'électricité comme constituée d'atomes appelés électrons. Voir plus haut, *Introduction : La constitution de la matière d'après les physiciens modernes.*

des corps qui gardent leur vertu électrique, et d'autres qui la perdent.

« La faculté de conduire l'électricité, dit Jamin, n'est point une propriété dont les corps sont absolument doués ou absolument dépourvus ; on peut dire qu'ils la possèdent tous à des degrés extrêmement divers, et on peut les ranger dans une série à peu près continue, par ordre de conductibilité décroissante, depuis ceux où elle est la plus grande et qui sont les meilleurs conducteurs, jusqu'à d'autres où elle n'est plus sensible et qui sont les substances isolantes : on verra que généralement la faculté conductrice est une propriété inhérente à la nature même des corps, mais cela n'est pas absolu et l'état moléculaire a ici une influence considérable » [1]).

« En parlant de la vitesse de l'électricité, dit M. Le Bon, il faut donc dire que, suivant les corps, elle circule avec une rapidité variant entre quelques centimètres par seconde, et 300.000 kilomètres pendant le même temps » [2]).

Une propriété électrique qu'il importe aussi de signaler est la *constante diélectrique*. « L'action électrostatique réciproque de deux corps électrisés est variable avec la nature du milieu dans lequel ils se trouvent. Si ces corps s'attirent, dans le vide, avec une force K, cette force, dans un autre milieu, devient $\frac{K}{D}$; D est ce qu'on nomme la *constante diélectrique* du milieu considéré. Or, cette constante, écrit M. Nernst, est extraordinairement variable d'une substance à une autre, et paraît très propre à caractériser, dans une large mesure, un grand nombre de substances » [3]).

101. Propriétés magnétiques. — On donne le nom d'*aimant* à tout corps qui jouit de la propriété d'attirer la limaille de fer. Certains corps, tel l'oxyde magnétique de fer, possèdent

[1]) Jamin, *Cours de physique*, t. I, p. 361.
[2]) Le Bon, *L'évolution des forces*, p. 125. Paris, Flammarion, 1908.
[3]) Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 363. Paris, Hermann, 1911.

naturellement cette propriété et s'appellent des aimants *naturels*. D'autres l'acquièrent artificiellement et deviennent ainsi des aimants *artificiels*.

D'une manière générale, on peut admettre, à l'heure présente, que toutes les substances de la nature sont sensibles à l'action magnétique ; qu'elles offrent même à cet égard des aptitudes très diverses. Plucker [1]) et Faraday [2]), en vue de contrôler ce fait, ont entrepris un grand nombre d'expériences sur des corps solides et liquides. Malgré la diversité des méthodes employées, tous deux sont arrivés à cette même conclusion, que chaque corps examiné possède un magnétisme spécifique.

Il est même probable qu'il n'existe aucune substance diamagnétique, au sens rigoureux du terme, et que les répulsions diamagnétiques qui se remarquent chez certains corps, proviennent de ce que ces corps sont moins magnétiques que l'air ou le milieu qui les environne. Cette hypothèse, combattue par Tyndall, a été confirmée par MM. Parker et Duhem [3]).

« Le contraste que l'on croit voir au début, écrit Mach, n'est pas forcément réel. On ne considère plus aujourd'hui le magnétisme et le diamagnétisme comme opposés l'un à l'autre, mais l'on y voit simplement des degrés différents de magnétisme par rapport à un milieu répandu partout » [4]).

Le magnétisme a des analogies frappantes avec l'électricité statique [5]). Aussi beaucoup de physiciens modernes le regardent comme une manifestation particulière de la force électrique.

[1]) *Annales de chimie et de physique*, t. III, p. 138.

[2]) *Bibl. de Genève*, t. XXIII, p. 105 et *Rech. expérim.*, t. III, p. 497.

[3]) Cfr. Eric Gérard, *Leçons sur l'électricité*, t I, p. 75. Paris, Gauthier-Villars, 1895.

[4]) Mach, *La connaissance et l'erreur*, p. 293. Paris, Flammarion, 1908.

[5]) L'hypothèse qui tend à ramener les phénomènes magnétiques à des phénomènes électriques, est due à Ampère Elle est encore la plus accréditée à l'heure présente. A en croire la théorie, les particules des aimants seraient entourées de petits courants circulaires qui s'enchevêtrent dans toutes les directions, de sorte que la résultante de leur action électromagnétique est nulle. Mais sous l'influence d'un aimant ou d'un courant énergique,

§ 4

Le mécanisme en physique

102. Conclusion générale. — De l'étude des phénomènes physiques découle une conclusion qu'il importe de souligner : tous les corps de la nature sont caractérisés par un ensemble de propriétés qui leur donnent une place déterminée dans l'échelle des êtres. État naturel, densité, forme cristalline, propriétés relatives au son, à la chaleur, à la lumière, au magnétisme et à l'électricité, voilà autant de critériums de spécification au service du physicien.

103. Échec du mécanisme sur le terrain de la physique. — S'il faut en croire ce système, la spécificité de tous ces phénomènes n'aurait d'autre cause qu'une simple différence de masse et de mouvement.

Considérons d'abord les *propriétés spectrales*.

Pour qui regarde le composé chimique comme une individualité nouvelle, issue de la transformation profonde de ses composants, il paraît très naturel que cet être nouveau possède aussi un spectre propre, irréductible soit à une superposition, soit à un simple enchevêtrement des spectres élémentaires. Les propriétés optiques ne sont-elles pas un des plus fidèles reflets de l'espèce minérale ?

Mais sans vouloir actuellement trancher cette question épineuse de la nature des composés chimiques, admettons même que tout composé soit un agrégat. N'est-il pas étonnant que l'atome des corps simples et la molécule de la combinaison chimique soient

ces courants s'orientent et prennent une position d'équilibre conformément aux lois de l'électrodynamique. — « L'hypothèse d'Ampère, vieille de près d'un siècle, a subi avec succès, dit M. Bouty, l'épreuve du temps. Elle subsistera dans ce qu'elle offre d'essentiel. » Bouty, *La vérité scientifique*, p. 249. Paris, Flammarion, 1908.

toujours animés de ces mouvements spéciaux qui déterminent leur spectre spécifique ? Le mécanisme se refuse, et il le doit d'ailleurs, à admettre une connexion nécessaire entre la particule matérielle et les mouvements dont elle est le support. Comment donc se fait-il que malgré les collisions atomiques et moléculaires ce lien ne soit jamais brisé, ou plutôt que ce groupe de mouvements persiste inaltéré ? La constance et la spécificité du phénomène semblent bien peu se concilier avec pareille hypothèse où la matière homogène devrait se montrer complètement indifférente à l'égard des mouvements que le hasard des rencontres peut y faire naître.

Quant aux *autres propriétés physiques*, la théorie se heurte à des difficultés non moins graves.

De même que les forces chimiques, ces énergies présentent incontestablement un aspect mécanique qui permet aux hommes de science de les jauger, d'en déterminer l'intensité relative. Mais s'autoriser de ce fait pour supprimer leur caractère qualitatif et les réduire aux modalités du mouvement local, c'est mutiler les données de l'expérience et contredire aux principes les mieux établis de la métaphysique.

D'abord, nous le prouverons bientôt, le mouvement n'est jamais engendré par le mouvement ; il est l'effet direct d'une cause distincte de lui, d'une qualité proprement dite [1]). Si nos forces physiques n'avaient d'autre nature que l'être mobile du mouvement, il leur serait impossible de produire cette infinie variété de phénomènes dont le monde est le théâtre ; et l'univers, privé de tout principe de changement, se verrait bientôt condamné à un état de mort ou d'immobilité absolue.

En second lieu, quelle que soit l'opinion que l'on partage sur la constitution de ces phénomènes, leur invariable récurrence au sein des transformations incessantes de la matière, continue à s'imposer comme un fait, dont le savant, pas plus que le philosophe, ne saurait se désintéresser. Qui de nous, en effet, n'a

[1]) Voir plus loin l'article IV : *Le mécanisme au point de vue philosophique.*

éprouvé un sentiment d'étonnement devant cette réapparition constante des mêmes corps, avec le même groupe de propriétés, groupe si bien déterminé qu'il suffirait à un physicien, assez expert dans l'étude de la matière, d'en connaître une seule pour donner le signalement complet de l'espèce à laquelle elle appartient ?

De plus, fait plus déconcertant encore, bien que plusieurs de ces propriétés soient indépendantes les unes des autres et puissent dès lors subir isolément des modifications profondes [1]), elles se retrouvent toujours unies en un faisceau indissoluble où chacune d'elles, soit par son degré d'intensité, soit par ses conditions d'activité, soit par d'autres traits distinctifs, nous apparaît comme le rayonnement visible de la nature corporelle qu'elle affecte.

Or, cette connexion de fait qui relie invariablement tel groupe de propriétés indépendantes à telle substance déterminée, ne se conçoit plus dans l'hypothèse d'une matière homogène.

Ou bien la matière manifesterait partout et toujours les mêmes exigences ; ou bien elle se montrerait indifférente à recevoir tel faisceau de qualités accidentelles plutôt que tel autre.

Dans ce second cas, rien ne s'oppose à ce qu'une même substance, par exemple l'hydrogène, revête successivement les propriétés de l'azote, du carbone ou de n'importe quel corps. Il peut même se faire qu'elle soit totalement dépouillée de toutes ses notes qualitatives.

Dans le premier cas, on ne voit plus pourquoi tel corps serait toujours doué de tel groupe de propriétés de préférence à tout autre, puisque l'homogénéité de la matière est incompatible avec des exigences spécifiques.

Enfin, à raison de leur indépendance mutuelle, les mouve-

[1]) L'expérience prouve que des pertes même considérables de chaleur, d'électricité, de mouvements mécaniques n'entraînent pas nécessairement des changements appréciables dans la chaleur spécifique, le magnétisme, le pouvoir rotatoire, etc., des composés chimiques.

ments adventices qui, d'après la théorie, constituent toute la réalité des forces physiques, seraient susceptibles d'altérations individuelles qui viendraient constamment transformer la physionomie de l'ensemble. Car cette hypothèse doit admettre la possibilité de modifications partielles et profondes, même en dehors de toute combinaison chimique. Or, jamais nous ne constatons ce fait.

Il est un moyen d'échapper à cette conséquence : c'est de supposer que le faisceau total des propriétés distinctives a sa cause nécessitante et unitive dans le fonds spécifique des êtres.

Mais cette supposition même est la négation formelle du dogme fondamental du mécanisme.

ARTICLE III

Faits de l'ordre mécanique

Les faits qu'il nous reste à examiner, appartiennent peut-être davantage à la physique qu'à la mécanique. Nous avons préféré les classer sous cette nouvelle rubrique, parce que l'interprétation qu'on en donne à l'heure présente, s'inspire d'une théorie empreinte du plus pur mécanisme, la théorie des chocs, et constitue à la fois l'un des plus vigoureux efforts qui aient été tentés pour le triomphe du système.

« L'action par le choc, dit M. Meyerson, constitue l'élément essentiel, non pas de la théorie des gaz seule, mais de toute théorie corpusculaire » [1]).

§ I

La théorie cinétique des gaz

104. Exposé de la théorie. — Cette hypothèse a surtout pour but de rendre compte des propriétés caractéristiques de l'état gazeux, notamment de la pression constante que tout gaz exerce, dans des conditions identiques, sur les parois du vase qui le contient.

Elle repose sur les postulats suivants :

1° Un gaz est composé de particules solides, indestructibles, douées d'une masse et d'un volume constants.

2° Ces particules jouissent d'une élasticité parfaite.

3° Elles sont animées d'un mouvement perpétuel, et n'exercent, sauf à de très petites distances, aucune influence les

[1]) Meyerson, *Identité et réalité*, p. 63. Paris, Alcan, 1912.

unes sur les autres, de sorte que leurs mouvements restent toujours libres et par conséquent rectilignes [1]).

Pour se faire une idée exacte d'un corps gazeux, il faut se le représenter comme un fourmillement de particules solides, distantes et indépendantes les unes des autres, se mouvant en ligne droite, déviant sans doute à chaque rencontre, mais sans amoindrir l'intensité de leurs mouvements.

Ces conditions admises, la pression qu'exercent les gaz sur les parois du bocal où ils sont retenus captifs, s'explique, dit-on, avec la plus grande facilité. Elle est simplement le résultat des chocs innombrables que ces parois reçoivent des particules en mouvement. Comme le nombre de chocs est toujours sensiblement le même, lorsque les conditions physiques restent identiques, on comprend que la pression demeure constante.

Telle est l'hypothèse imaginée par les Bernouilli, développée plus tard par Krœnig, Clausius, Maxwell et O. E. Meyer, admise enfin par beaucoup de physiciens, sous le nom de « théorie cinétique des gaz », comme le type idéal de la théorie physique.

105. Critique de cette théorie. — Comme le remarque avec beaucoup de sagacité le physicien Stallo, des trois propositions sur lesquelles s'appuie la théorie cinétique des gaz, il n'en est aucune qui soit prouvée par l'expérience. C'est un premier motif de légitime défiance. Cependant, pour être arbitraire, il ne s'ensuit pas que l'hypothèse est nécessairement erronée.

Passons donc sur ce premier reproche et examinons de plus près le second postulat.

Il est clair que les mouvements cesseraient bien vite, si les particules gazeuses n'étaient parfaitement élastiques [2]). A chaque

[1]) Clausius, *Théorie mécanique de la chaleur*, t. II, pp. 186 et suiv. *(Mémoire sur les mouvements moléculaires)*. Paris, Hetzel. — H. Poincaré, *Science et méthode*, pp. 274-275. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) H. Poincaré, *Les hypothèses cosmogoniques*, p. 90. Paris, Hermann, 1911.

rencontre, ils subiraient en effet une diminution progressive, comme nous le montre le choc des corps durs, et la pression qui se trouve intimement liée à ces mouvements partagerait le même sort.

A moins de se détruire elle-même, la théorie se voit ainsi forcée d'attribuer aux particules une élasticité parfaite.

Mais ce postulat crée au système mécanique de grosses difficultés.

Représentons-nous deux atomes élastiques de même masse, se déplaçant avec la même vitesse et en sens opposé, se rencontrant enfin suivant leur axe de translation et leur centre de gravité.

Arrivés en contact [1]), ils appuient l'un sur l'autre jusqu'au

[1]) Pour éviter le mystérieux principe qu'on appelle *force* d'élasticité, certains auteurs invoquent un fait qui paraît démontrer qu'il ne se produit jamais de contact réel entre deux corps. « Quand un corps en a choqué un autre, écrit M. Meyerson, il semble l'avoir touché, mais ce n'est qu'une apparence. En réalité, au moment même du choc, les particules les plus voisines de l'un et de l'autre sont restées séparées par des espaces tout à fait appréciables. On connaît le phénomène qui se produit quand on presse une lentille contre une plaque plane, et qu'on désigne sous le nom d' « anneau de Newton ». La coloration de ces anneaux permet de calculer l'épaisseur de la couche intermédiaire. Au centre, là où cette épaisseur est la plus réduite, il se produit une tache noire. C'est le « contact optique » ; mais ce n'est pas encore un contact réel. On peut rapprocher davantage les deux corps, mais alors il y a adhésion ». MAXWELL, *On Action at a Distance (Scientific Papers,* vol. II, p. 314. Cambridge, 1890). Cité par MEYERSON, *Identité et réalité,* p. 70. Paris, Alcan, 1912.

A notre avis, le fait invoqué ne résout nullement la difficulté. En effet, de deux hypothèses, l'une : ou bien le contact a lieu, non pas entre les deux corps qui se choquent, mais entre le milieu réel interposé et chacun des deux corps. Dans ce cas, la difficulté reste entière : l'élasticité du milieu réel et l'élasticité des corps ne sont qu'un seul et même problème à résoudre.

Ou bien le contact n'a pas lieu, et dans cette hypothèse, il faut attribuer aux corps et au milieu interposé si on en suppose l'existence, une force réelle de répulsion, agissant à distance et essentiellement distincte du mouvement local, car un mouvement local n'est pas concevable en dehors de la matière.

Si donc deux corpuscules matériels se repoussent en vertu de leurs mouvements, cette action ne peut avoir lieu qu'au contact.

moment où viennent à cesser leurs mouvements respectifs. Comme ils doivent rebrousser chemin et reprendre une direction opposée à celle qu'ils avaient suivie, il faut bien que, pendant un instant, ces deux masses s'arrêtent, c'est-à-dire ne soient animées ni d'un mouvement progressif, ni d'un mouvement de recul. En d'autres termes, il faut que le mouvement des atomes qui renaît après leurs chocs réciproques, soit toujours précédé d'une période très courte de repos absolu [1]).

Or, si l'immobilité complète précède, ne fût ce que d'un instant, les deux mouvements en arrière, il est impossible que ces mouvements *nouveaux* proviennent d'un autre mouvement.

Dès lors, pour ne pas admettre un effet sans cause, on se voit obligé de recourir à un pouvoir dynamique essentiellement distinct du mouvement, intrinsèque aux atomes, en un mot, à la *force d'élasticité*.

La théorie cinétique des gaz, inventée pour effacer du domaine scientifique les derniers vestiges des forces occultes, aboutit de la sorte à en établir l'existence [2]).

Cette difficulté soulevée par le physicien Hirn a-t-elle été résolue par les récents progrès de la science ? Nous ne le croyons pas.

A l'heure présente, il est vrai, l'atome n'est plus généralement considéré comme une masse continue, mais comme un petit monde formé d'un noyau positif et d'un nombre plus ou moins grand d'électrons. Or, dans cette hypothèse, la néces-

[1]) Hirn, *Analyse élémentaire de l'univers*, p. 237. Paris, Gauthier, 1868. — Cfr. Dressel, *Lehrbuch der Physik*. S. 110. *Die Stosswirkungen*, Freiburg, 1895.

[2]) A la théorie cinétique des gaz, Clausius s'est efforcé de rattacher la théorie de la formation des vapeurs. Plus tard, les partisans de la mécanique chimique en firent l'application à la *dissociation des vapeurs* ou à l'équilibre mobile entre la combinaison et la décomposition. On trouvera une excellente critique de ces essais dans le travail de M. Duhem : *Le mixte et la combinaison chimique*. Paris, Naud, 1902.

sité d'un principe dynamique distinct du mouvement paraîtra peut-être moins évidente. Ne pourrait-on pas soutenir, en effet, qu'au moment du choc l'atome voit diminuer son volume par suite du rapprochement mutuel des sous-atomes qui le composent, et qu'il reprend son volume primitif dès que la pression externe a cessé ? On éviterait ainsi, semble-t-il, toute intervention de l'élément « force ».

En fait, il n'en est rien. La difficulté n'est que reculée, car la question se pose pour les sous-atomes comme elle s'est posée pour les atomes eux-mêmes : d'où vient l'élasticité des particules constitutives de l'atome chimique ? « Ce que nous demanderions, dit avec à-propos M. Meyerson, c'est une théorie nous expliquant *comment* cela peut se faire mécaniquement, sans qu'on ait besoin de doter les molécules d'une force élastique spéciale » [1]).

Veut-on attribuer cette élasticité à des mouvements d'un milieu plus ténu ? Il resterait alors à expliquer l'élasticité de ce milieu par un autre milieu plus ténu ; mais quand donc s'arrêter ?

« D'ailleurs, aucun corps solide ne réalise absolument ces conditions, bien que les lois du choc des corps parfaitement élastiques soient très approximativement applicables à l'acier trempé » [2]).

« Bien des hypothèses physiques, écrit M. Le Bon, s'évanouiraient probablement si l'expérience pouvait les éclairer. Ces molécules se choquant sans cesse avec la vitesse d'un boulet de canon, sans s'échauffer, grâce à une élasticité qu'il faut supposer infinie, n'ont peut être qu'une très lointaine parenté avec la réalité. On conserve la théorie parce qu'elle est féconde et qu'aucune expérience possible ne saurait en prouver l'inexactitude » [3]).

[1]) MEYERSON, *Identité et réalité*, p. 65. Paris, Alcan, 1912.
[2]) BOUTY, *La vérité scientifique*, p. 199. Paris, Flammarion, 1908.
[3]) LE BON, *L'évolution des forces*, p. 61. Paris, Flammarion, 1912.

Lord Kelvin et Hertz ont tenté plusieurs essais remarquables pour justifier l'hypothèse, mais, comme l'a constaté M. Boltzmann [1]), le problème soulève d'énormes difficultés.

Après avoir relevé plusieurs incompatibilités réelles de la théorie cinétique avec certains faits physiques, M. Bauer ne craint pas de conclure que « l'insuffisance de la théorie cinétique et la nécessité d'une modification radicale de certaines de nos idées sur la matière et l'énergie ont été démontrées, d'une façon plus manifeste encore, par les recherches récentes sur les chaleurs spécifiques des éléments cristallisés » [2]).

Pour H. Poincaré : « La théorie cinétique des gaz a donné lieu à bien des objections auxquelles on pourrait difficilement répondre si l'on avait la prétention d'y voir la vérité absolue. Mais toutes ces objections n'empêchent pas qu'elle ait été utile et qu'elle l'a été en particulier en nous révélant un rapport vrai et sans elle profondément caché, celui de la pression gazeuse et de la pression osmotique » [3]). On pourrait ajouter : parmi les théories physiques abandonnées, y en a-t-il une seule qui n'ait rendu des services à la science ? L'utilité temporaire d'une théorie ne nous donne pas la garantie de sa validité.

M. Bouty concède aussi que la théorie cinétique se heurte à des obstacles sérieux. « Il se peut, dit-il, qu'ils soient insurmontables, que le mouvement et ses lois ne suffisent pas à l'explication du monde. » Il ajoute : « la théorie cinétique pourrait être définitivement abandonnée, sans entraîner dans sa ruine les principes de la thermo-dynamique, ni une seule des conséquences qu'on est en droit d'en tirer » [4]).

[1]) BOLTZMANN, *Leçons sur la théorie des gaz,* vol. I, p. 3. Paris, 1902.

[2]) BAUER, *Les quantités élémentaires d'énergie.* (*Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913). p. 123.

[3]) H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse,* p. 192. Paris, Flammarion.

[4]) BOUTY, *La vérité scientifique,* pp. 298-299. Paris, Flammarion, 1908. — HENRIQUEZ, pp. 196 et suiv. Paris, Flammarion, 1913. Voir chez cet auteur les diverses modifications qu'a subies l'hypothèse et la preuve de leur incompatibilité avec le mécanisme cartésien.

Citons enfin l'opinion de M. Duhem : « Il semble bien que les partisans les plus convaincus de l'hypothèse cinétique, et en particulier l'illustre Boltzmann, aient renoncé à ramener ce chaos à l'ordre et à l'unité, à tirer de cette hypothèse, une doctrine cohérente, conforme à tous les faits révélés par l'étude des gaz parfaits. Ils paraissent se résigner à ne voir dans les diverses formes de la théorie cinétique, que des exemples mécaniques qui *imitent* certaines propriétés des gaz, mais qui n'en *expliquent* point la constitution réelle » [1]).

106. **Échappatoire du P. Secchi.** — La grosse difficulté que soulève, en théorie mécanique, l'hypothèse de l'élasticité parfaite des molécules gazeuses n'avait pas échappé à la perspicacité du savant astronome. Aussi essaya-t-il d'une nouvelle hypothèse pour tirer la théorie de sa situation critique.

En général, les physiciens regardent l'élasticité parfaite comme une condition indispensable de la conservation intégrale des mouvements atomiques.

Cette fiction est-elle bien nécessaire à l'explication scientifique des faits ?

Nullement, répond le P. Secchi. « Parmi les beaux théorèmes découverts par Poinsot sur la théorie du choc des corps en rotation, se trouve, dit-il, celui relatif à la réflexion contre un obstacle résistant. Il nous apprend que par la seule rotation, un *corps dur* et *non élastique* peut rebondir absolument comme un corps élastique ; il y a mieux : un de ces corps, lancé contre un obstacle fixe, est souvent renvoyé avec une vitesse supérieure à sa vitesse initiale... Ce phénomène, paradoxal en apparence, est dû à la transformation d'une partie du mouvement rotatoire en mouvement de translation... Un choc, quel qu'il soit, ne peut annihiler en même temps les

[1]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, pp. 100-101. Paris, Joannin, 1903.— *Le mixte et la combinaison chimique*, Paris, Naud, 1902.

deux mouvements de rotation et de translation... La quantité de mouvement perdue d'un côté sera gagnée de l'autre. »

L'hypothèse est certes ingénieuse. Malheureusement, dans son enthousiasme pour le mécanisme, le savant auteur qui avait su tirer si bon parti des découvertes de Poinsot, ne leur avait emprunté que les données favorables à son système, sans se préoccuper de certaines réserves qui devaient rendre à jamais infructueux ses courageux efforts.

Lorsque ces cas de répulsion parfaite se présentent, avait dit le physicien français, il y a toujours une perte d'un tiers ou de deux tiers du mouvement rotatoire, perte qui n'est compensée par aucun accroissement de vitesse de translation. Il y a même des cas de choc dans lesquels le mouvement de translation et le mouvement de rotation disparaissent simultanément [1]).

Ces correctifs, on le voit, sont le coup de grâce de l'hypothèse subsidiaire du P. Secchi. Car si le choc des corps durs entraîne toujours une perte réelle de mouvement, les molécules gazeuses, dépourvues d'élasticité, passeraient finalement au repos, et la pression qui ne relève que du bombardement effectué par ces molécules disparaîtrait aussi sans retour.

§ 2

La pesanteur

107. Conception mécanique de la pesanteur. — La matière attire la matière proportionnellement aux masses, mais en raison inverse du carré de la distance. Telle est la loi de l'attraction universelle formulée par Newton.

Tel est aussi le résumé de toutes les connaissances que l'on possède actuellement sur cette force mystérieuse. « Les progrès de la physique moderne, écrit M. Lorentz, sont long-

[1]) Cfr. STALLO, *La matière et la physique moderne*, p. 88.

temps restés à peu près infructueux pour la théorie de la gravitation, et cette force universelle est aujourd'hui aussi mystérieuse qu'elle l'était il y a deux siècles »[1]).

La science moderne dont les aspirations tendent à une simplification toujours croissante des agents naturels, a essayé de les réduire à cette formule générale. Et conformément à ces vues simplistes, l'attraction universelle porte le nom de *gravitation*, en tant qu'elle règle le mouvement des corps célestes ou maintient l'harmonie dans leurs relations mutuelles.

On l'appelle *pesanteur*, si elle attire vers le centre de la terre les corps répandus à sa surface ou placés dans son voisinage immédiat.

Les physiciens la désignent par le mot *cohésion*, lorsqu'elle sert à maintenir l'union, soit entre les molécules des corps homogènes, soit entre des quantités quelconques de substances diverses.

Pour le chimiste, elle devient l'*affinité* si elle fusionne dans une synthèse apparemment homogène, les molécules ou les atomes des corps hétérogènes[2]).

[1]) LORENTZ, *La gravitation:* article paru dans la *Scientia,* avril 1914, vol. XVI, n. XXXVI-4, p. 28. — La pesanteur, on le sait, est douée de caractères exceptionnels : ni la lumière, ni l'électricité, ni la chaleur n'ont d'influence sur son action, ou sur sa direction. Elle ne subit ni réflexion ni réfraction ; elle est indépendante de la structure des corps ; elle pénètre à travers toutes les substances corporelles, quelle que soit leur masse ou leur densité ; enfin elle est inépuisable. A tous ces points de vue, elle n'est comparable à aucune autre force physique.

[2]) Cfr. BERTHOLET, *Essai d'une statique chimique.* — WURTZ, *La théorie atomique.* — « La cohésion, écrit le Dr de Thierry, paraît être un mode de l'attraction universelle s'exerçant, non plus entre des masses à toutes les distances, mais entre des particules à très courte distance, et avec d'autant plus d'énergie que les centres d'action sont plus rapprochés. La cohésion n'est par conséquent que l'infiniment petit de l'attraction universelle. Et l'affinité serait un infiniment petit de second ordre. » Cfr. *Introduction à l'étude de la chimie,* p. 18. Paris, Masson, 1906. — « De ce phénomène si simple en apparence, bien que si peu expliqué, dit M. Le Bon, résultent la marche des astres, et suivant certains physiciens, toutes les forces de l'univers y compris celles qui présidèrent à la formation de notre système solaire. » *L'évolution des forces,* p. 344. Paris, Flammarion, 1912.

Bref, toutes les forces de la nature se concrétisent de la sorte en des modalités de l'attraction universelle [1]).

On comprend quel vif intérêt devait s'attacher à tout essai d'explication mécanique de la pesanteur. Rendre compte de cette propriété de la matière par les seuls facteurs de masse et de mouvement, n'est-ce pas justifier le mécanisme dans le triple domaine de l'astronomie, de la physique et de la chimie ?

De fait, des théories multiples ont été inventées pour réaliser ce but [2]).

La plus célèbre est la théorie des chocs de Lesage.

« L'espace, dit-il, est constamment traversé dans toutes les directions par des courants de corps infiniment petits, se mouvant avec une vitesse presque infinie et venant des régions inconnues de l'univers. Ces corps sont appelés « corps ultramondains ».

« En raison de leur petitesse, ils se choquent rarement ou jamais, et le plus grand nombre d'entre eux trouvent facilement passage à travers les corps sensibles ordinaires ; de sorte que toutes les parties de ces corps — celles de l'intérieur aussi bien que celles de la surface — sont également capables d'être frappées par les corpuscules, la force du choc étant ainsi proportionnelle, non aux surfaces, mais aux masses

[1]) H. POINCARÉ, *La valeur de la Science,* p. 172. Paris, Flammarion, 1908. « La loi suivant laquelle cette force (la pesanteur) varie en fonction de la distance, n'est peut-être pas la loi de Newton (variation en raison inverse du carré des distances), mais c'est une loi analogue ; au lieu de l'exposant —2, nous avons probablement un exposant différent, et c'est de ce changement d'exposant que sort toute la diversité des phénomènes physiques, la variété des qualités et des sensations, tout le monde coloré et sonore qui nous entoure, toute la Nature en un mot. »

[2]) La tendance générale actuelle est de ramener l'attraction newtonienne aux phénomènes électriques. Cfr. NERNST, *Traité de chimie générale,* t. I, p. 460. Paris, Hermann, 1911. — M. GAUTIER regarde comme probable l'hypothèse qui place la cause explicative de la pesanteur dans les mouvements giratoires de l'éther. Cfr. *Revue scientifique,* 13 janvier 1904. — Voir opinion de CHWOLSON, *Traité de physique,* t. I, p. 189.

des corps. Un corps élémentaire ou une molécule serait également battue par ces corpuscules dans tous les sens ; mais deux corps quelconques agissent mutuellement comme écrans, de sorte que chacun reçoit un moins grand nombre de chocs du côté qui regarde l'autre. Par conséquent, ils sont attirés l'un vers l'autre. Le mouvement des corpuscules étant rectiligne dans toutes les directions, la diminution de pression qui en résulte est inversement proportionnelle aux carrés des distances entre les corps affectés » [1]).

La théorie de Lesage, on le voit, répond adéquatement aux exigences du mécanisme; elle élimine l'élément force au profit du mouvement pur et simple [2]).

108. L'hypothèse résout-elle le délicat problème de la pesanteur ? — A peine avait-elle vu le jour, que Maxwell la soumettait à l'épreuve du principe de la conservation de l'énergie.

Si les corpuscules qui heurtent les corps sensibles, écrit ce physicien, sont parfaitement élastiques et rebondissent avec la même vitesse qu'ils avaient en s'en approchant, ils emportent avec eux toute leur énergie native. Mais comme ils rebondissent du corps dans une direction quelconque, ils seront en

[1]) LESAGE, *The Unseen Universe*, § 140. — Résumé par STALLO dans son ouvrage *La matière dans la physique moderne*, p. 42.

[2]) « Une autre hypothèse, qui fut célèbre, écrit L. Poincaré, avait été imaginée par Lesage, de Genève ; Lesage supposait l'espace traversé en tout sens par des courants de corpuscules *ultra-mondains ;* cette hypothèse, combattue par Maxwell, était intéressante ; on pourrait peut-être la reprendre aujourd'hui, et il ne serait pas impossible que l'assimilation de ces corpuscules aux électrons fournît une image satisfaisante. » *La physique moderne*, p. 195. Paris, Flammarion, 1909. — Voir aussi H. POINCARÉ, *Science et méthode (La théorie de Lesage)*, pp. 263-271. Paris, Flammarion, 1909. Après avoir exposé la théorie de Lesage, ce savant examine les modifications récentes qu'y ont apportées certains physiciens, et il conclut : « Les théories nouvelles ne sont pas encore démontrées ; il s'en faut de beaucoup... De nouvelles expériences nous apprendront, sans doute, ce qu'on en doit définitivement penser. »

même nombre et auront la même vitesse que les corpuscules qui tendent vers le corps : l'action gravitative deviendra nulle.

D'autre part, si les atomes propulseurs sont inélastiques, ou imparfaitement élastiques, l'énergie des chocs se convertira totalement ou partiellement en chaleur, et, sous l'influence de la quantité de calorique ainsi dégagée, tous les corps seraient, en peu de temps, chauffés à blanc [1]).

Cette critique était de nature à ébranler jusque dans ses fondements la théorie naissante. Mais il était réservé à M. Pictet [2]) de lui livrer un nouvel assaut qui devait en achever la ruine.

Lorsqu'on admet que les particules matérielles d'un corps solide restent à distance les unes des autres, on peut concevoir que les atomes éthérés puissent pénétrer à une certaine profondeur dans la masse corporelle. Cependant, cette pénétration doit avoir une limite, puisque le nombre d'obstacles qui s'opposent au passage de ces corpuscules, s'accroît avec l'épaisseur des couches solides. Les dernières couches sont donc moins frappées par les atomes propulseurs que les couches voisines de la surface externe. D'ailleurs, s'il en était autrement, l'attraction même n'aurait plus lieu.

Or, dans ces conditions, la pesanteur dépend de la forme des corps, de leur épaisseur, des distances plus ou moins grandes qui séparent leurs molécules constitutives, enfin de leur position relative. Un long cylindre, par exemple, pèserait davantage dans une position horizontale que dans une position verticale. Le poids d'une pile de disques superposés et en contact intime serait inférieur à celui de ces mêmes disques séparés les uns des autres. En un mot, l'attraction ne serait plus proportionnelle aux masses, mais aux masses influencées par leur disposition relative au corps attirant [3]).

[1]) Cité par Stallo, *La matière dans la physique moderne*, p. 43.

[2]) R. Pictet, *Étude critique du matérialisme et du spiritualisme*, p. 239. Paris, Alcan, 1896.

[3]) L'hypothèse de Lesage avait été rajeunie par quelques physiciens, notamment par M. Picart. Dans son ouvrage *Introduction aux principes*

Conséquence évidemment condamnée par l'expérience quotidienne.

Une autre critique qui certes ne manque pas de valeur, a été faite assez récemment par M. Hannequin.

D'après les calculs de Laplace, l'action de la pesanteur est instantanée, ou bien, elle doit se propager avec une vitesse au moins cinquante millions de fois plus grande que celle de la lumière. Ce fait admis, il paraît impossible d'identifier l'éther gravifique avec l'éther luminique [1]), car les particules destinées à vibrer sous l'action de la lumière, rompraient à chaque instant par leur vitesse propre les ondes lumineuses qui tendraient à se former.

« Il y aurait donc, dit M. Hannequin, deux mondes d'une matière identique, soumise aux mêmes lois d'inertie et de mouvement, qui coïncideraient sans se toucher dans un espace unique ; et chacun pour son compte resterait intangible aux chocs des atomes qui ne seraient pas les siens ! A peine est-il besoin d'insister sur le caractère antimécanique d'une telle hypothèse » [2]).

Une critique analogue se rencontre chez L. Poincaré : « Si l'on voulait, dit-il, se représenter, par les propriétés mécaniques d'un milieu répandu dans tout l'univers, les phénomènes lumineux, les phénomènes électriques et les phénomènes gravifiques, on serait conduit à attribuer à ce milieu

mathématiques des lois générales du monde physique, c. II. Paris, Alcan, 1882, ce savant remplace les courants des corpuscules *ultra-mondains* par les mouvements d'un éther élastique renfermé dans les limites de notre monde visible. Il évite de la sorte d'introduire dans notre système matériel, comme l'avait fait Lesage, une source d'énergie étrangère. En somme, l'idée-mère de la théorie restait la même sous sa forme nouvelle, et les critiques que nous venons d'émettre conservent leur à-propos.

[1]) D'après M. Langevin, la gravitation ne peut se propager plus vite que la lumière ; telle serait la conséquence de certaines découvertes astronomiques récentes. Cfr. *Revue de métaphysique et de morale*, juillet 1911.

[2]) Hannequin, *Essai critique sur l'hypothèse des atomes*, p. 233. Paris, Alcan, 1899.

des propriétés fort étranges, et presque contradictoires ; et cependant, il serait encore plus inconcevable que ce milieu fût double ou triple, qu'il y eût deux ou trois éthers occupant chacun l'espace comme si chacun était seul, et se pénétrant, sans exercer d'action les uns sur les autres. L'on est ainsi, par l'examen attentif des faits, amené plutôt à cette pensée que les propriétés de l'éther ne sont pas entièrement réductibles à la mécanique ordinaire » [1]).

D'autres explications mécaniques ont été tentées, notamment par M. Gautier, qui rattache la pesanteur aux mouvements giratoires des édifices atomiques [2]).

D'autres auteurs, tel Tommasina, attribuent le rôle des corpuscules de Lesage à des ondes lumineuses venues de tous les points de l'espace et parcourant l'éther dans tous les sens.

Mais, comme le remarque H. Poincaré, « les difficultés inhérentes à l'hypothèse mécanique ne sont pas écartées pour cela... Les calculs ne diffèrent pas essentiellement de ceux qu'on fait dans la théorie ordinaire de Lesage, et le résultat conserve le même caractère fantastique » [3]).

La tendance générale actuelle est de ramener l'attraction newtonienne aux phénomènes électriques [4]). L'un des essais les plus remarquables est dû à Lorentz [5]). Mais sa théorie, qui ne diffère guère au fond de celle de Lesage-Maxwell-Bertholi, a dû être abandonnée par l'auteur même, « qui en aurait été beaucoup plus effrayé s'il avait poussé le calcul jusqu'au bout. Il aurait trouvé que la température de la terre devrait s'accroître de 10^{13} degrés par seconde » [6]).

[1]) L. Poincaré, *La physique moderne*, p. 197. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Gautier (*Revue scientifique*), 13 janvier 1904.

[3]) H. Poincaré, *Science et méthode*, p. 267. Paris, Flammarion, 1909.

[4]) Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 460. Paris, Hermann, 1911.

[5]) Cfr. Lorentz, *Mémoire lu à l'Académie des Sciences d'Amsterdam*, 25 avril 1900. — Voir opinion de Chwolson, *Traité de physique*, t. I, p. 189. — Cfr. Henriques, *Les concepts fondamentaux de la science*, pp. 264 et suiv. Paris, Flammarion, 1913.

[6]) H. Poincaré, *Science et méthode*, p. 271. Paris, Flammarion, 1909.

§ 3

Le principe de la conservation de l'énergie

109. Exposé du principe. — Le principe de la conservation de l'énergie embrasse dans ses applications le domaine de la chimie, de la physique, de la cristallographie, de l'astronomie et même de la physiologie. Bref, il règle sans exception toutes les forces de la nature matérielle. De là sa souveraine importance.

Nous l'exposerons ici sous sa forme la plus simple, en le dégageant des calculs que comprend nécessairement sa formule scientifique [1]).

[1]) Nous ajouterons quelques notes complémentaires, pour ceux de nos lecteurs qui désireraient se faire une idée plus scientifique de ce principe.

La *vitesse* d'un corps en mouvement, c'est l'espace que le corps parcourt pendant l'unité de temps.

On appelle *force* en mécanique, toute cause qui produit, ou tend à produire un mouvement ou une modification du mouvement.

La *masse* d'un corps est la quantité de matière qu'il renferme, évaluée par sa quantité d'inertie, c'est-à-dire par la résistance passive qu'il oppose à un mouvement déterminé. D'une manière plus abstraite, on la définit encore ; le rapport constant entre la force appliquée à un corps et l'accélération qu'elle lui communique.

Le *travail* d'une force désigne le produit de l'intensité de la force par le chemin que parcourt son point d'application, lorsque celui-ci est déplacé suivant la direction de la force.

Force vive. — L'intensité d'une force (F) est proportionnelle au produit de la masse (m) qu'elle met en mouvement, par la vitesse (v). D'où $F = mv$. Le chemin parcouru (e) par une masse (m) partant du repos et soumise à une force (F) pendant un certain temps, est égal à la moitié de la vitesse acquise après le parcours. D'où $e = \frac{v}{2}$. Le travail de la force (F) équivaut donc à

$$F \times e = mv \times \frac{v}{2} = \frac{mv^2}{2}.$$

Cette formule $\frac{mv^2}{2}$ exprime la force vive du point (m).

Principe de la conservation de l'énergie totale. — Si l'on admet que les

L'énergie, en général, désigne l'ensemble des causes qui, dans un système matériel, sont aptes à produire des effets mécaniques.

Les corps peuvent être doués d'énergie, soit qu'on les considère en repos, soit qu'on les considère en mouvement.

La puissance que possède un corps en mouvement de produire un effet mécanique, se désigne sous le nom d'*énergie actuelle*.

Celle que possède un corps, à raison de la position qu'il occupe, s'appelle *énergie potentielle* ou de position [1]).

Un poids, par exemple, suspendu à une certaine hauteur, n'est plus dans les mêmes conditions qu'un poids égal placé

actions réciproques de deux particules matérielles ont pour mesure le produit des masses par une fonction inconnue de leur distance, le principe de la conservation de l'énergie, appliqué à un système que l'on considère à deux moments différents, peut s'exprimer par la formule suivante :

$$\left(\Sigma \frac{mv^2}{2} + \pi\right) - \left(\Sigma \frac{mv_0^2}{2} + \pi_0\right) = \Sigma \mathrm{TF}e.$$

$\Sigma \frac{mv^2}{2}$ représente la somme des forces vives du système matériel considéré au moment final.

π est une fonction de la position des points matériels à ce même moment.

$\Sigma \frac{mv_0^2}{2}$ représente la somme des forces vives que possédait le système au moment initial.

π_0 est une fonction de la position initiale des particules.

$\Sigma \mathrm{TF}e$ est la somme des travaux des forces extérieures qui agissent sur le système durant le temps compris entre les deux moments choisis.

π s'appelle l'énergie *potentielle*.

$\frac{mv^2}{2}$ s'appelle l'énergie *actuelle*.

La somme des deux constitue l'énergie *totale*.

Comme l'indique la forme donnée plus haut, la somme des travaux des forces extérieures agissant sur le système, est donc égale à la variation de l'énergie totale de ce système.

Par conséquent, si aucune force étrangère ne vient modifier l'énergie de notre univers, celui-ci, laissé à lui-même, conservera toujours la même quantité d'énergie.

[1]) Jouffret, *Introduction à la théorie de l'énergie*, p. 51. Paris, Gauthier-Villars, 1883. — Cfr. Verdet, *Théorie mécanique de la chaleur*, t. I, pp. 4-14.

sur le sol. S'il vient à tomber, il peut actionner une machine, écraser tel obstacle qu'il rencontre sur son passage, s'enfoncer dans le sol qui lui résiste. Dans cette position, le corps, tout immobile qu'il est, possède donc un réel pouvoir dynamique, une énergie tranquille et comme emmagasinée à laquelle on a donné le nom d'*énergie potentielle.*

Mais à mesure qu'il s'éloigne de sa position d'équilibre, et qu'il se rapproche du sol, l'énergie potentielle diminue, car elle est équivalente au produit de la masse du corps par la hauteur de chute. Par contre, l'énergie actuelle augmente proportionnellement et atteint son maximum d'intensité au moment où l'énergie potentielle a complètement disparu, c'est-à-dire au point de rencontre du corps avec la terre [1])

Ces deux quantités peuvent ainsi varier, se substituer l'une à l'autre ; mais tandis que l'une diminue, l'autre gagne exactement ce que la première a perdu, de sorte que la somme des deux énergies, l'actuelle et la potentielle, ou l'*énergie totale,* reste constante, pourvu qu'il n'intervienne aucune force extérieure au système de corps que l'on considère.

Cette proposition a reçu en mécanique le nom de *principe de la conservation de l'énergie.*

Pour faciliter l'intelligence de cette loi, nous avons choisi à dessein un exemple familier, où le changement dans la position relative des corps se trouvait visiblement lié à un changement de forme de l'énergie. L'application du principe est cependant universelle

Ainsi la lumière, la chaleur et l'électricité en action sont autant d'énergies actuelles. Un ressort de montre tendu possède de l'énergie en puissance. Le charbon enfoui dans les profondeurs du sol et figé, depuis des siècles, dans une immobilité complète, est une source d'énergie tranquille, pour ainsi dire emmagasinée, que la combustion transformera un

[1]) Tyndall, *La chaleur comme mode de mouvement*, p. 129.

jour en pouvoir dynamique actuel, sous forme de lumière et de chaleur. Ainsi en est il des affinités chimiques.

Toutes ces forces peuvent être soumises à des vicissitudes sans nombre, mais aucune de leurs transformations ne saurait changer la dose d'énergie dont l'univers est dépositaire.

Ajoutons à ce principe la belle découverte, faite par Lavoisier, de la *constance de la masse* [1]), et il nous sera permis d'affirmer que le monde matériel, pris dans son ensemble, n'a rien perdu, ni de sa quantité de matière, ni de son énergie, depuis qu'il est sorti des mains du Créateur.

110. Conséquences de l'interprétation mécanique.

— N'est-il pas étrange que sur ce terrain, en apparence si favorable, la théorie mécanique doive nous donner une preuve nouvelle de son incohérence ?

S'il n'y a dans l'univers d'autres réalités que la masse et le mouvement communiqué ; si la pesanteur, la gravitation et l'attraction relèvent, comme le dit Saigey [2]), du simple ébranlement de l'éther par les corps pesants, ou bien, selon Secchi [3]), de la rupture d'équilibre de l'éther due à l'inégale diffusion de ce corps dans l'espace, ou bien encore, ainsi que l'affirment les partisans de Lesage, du bombardement ininterrompu de la matière corporelle par les corpuscules ultramondains, ou enfin, s'il faut en croire plusieurs physiciens modernes, du mouvement des électrons, que devient cette forme tranquille d'énergie qu'on appelle *potentielle ?*

En dehors de la masse inerte, dépourvue de toute activité propre, le mouvement seul reste susceptible de variation. On le verra se répandre sur des quantités diverses de matière, modifier sa vitesse et sa direction, apparaître enfin sous des

[1]) Nous examinerons dans le second volume la nouvelle conception de la masse.

[2]) SAIGEY, *La physique moderne*, p. 145.

[3]) SECCHI, *L'unité des forces physiques*, p. 522 et passim.

modalités multiples. Mais tous ces changements n'engageront que l'énergie actuelle, ou le pouvoir dynamique en action que confère le mouvement.

L'énergie cinétique acquiert seule, de la sorte, droit de cité, tandis que la potentielle se trouve mise au ban de la science.

Cette conséquence, deux physiciens de marque, Tait et Stewart, n'hésitent pas à la reconnaître : « Si la théorie de Lesage, ou toute autre analogue, est une représentation du mécanisme de la gravitation, un coup fatal est porté à cette forme tranquille de force motrice que nous avons appelée *énergie potentielle* » [1]).

« Le principe de la conservation de l'énergie, dit Jouffret, deviendrait celui de la conservation de la force vive » [2]).

Telle est aussi l'opinion de M. Pictet : « Dans la théorie mécanique, écrit-il, toutes les énergies sont actuelles ; le potentiel n'est qu'une modification de la vitesse acquise de certaines masses matérielles » [3]).

On nous répondra sans doute : Soit, la formule du principe doit être modifiée, ou plutôt, elle doit recevoir dans notre système une acception nouvelle. Mais sous sa forme rajeunie, le principe ne garde-t-il pas toute sa portée scientifique ? Cesse-t-il d'être une loi rigoureuse de la nature ?

Nous accordons volontiers que l'expression et la teneur des lois physiques doivent se plier aux exigences des découvertes. Toutefois, dans l'occurrence, y a-t-il un seul fait qui légitime l'abandon de la formule primitive ?

Que d'hypothèses, au contraire, hasardées et même arbitraires, ne faut-il pas imaginer pour réduire toute l'énergie de l'univers à la forme de l'énergie cinétique !

La pesanteur, par exemple, se résout en une multitude

[1]) *The Unseen Universe*, § 142.

[2]) Jouffret, *ouv. cité*, p. 73.

[3]) Pictet, *Étude critique du matérialisme et du spiritualisme*, p. 241.

incalculable de mouvements invisibles, tendant à pousser les corps apparemment immobiles vers le centre de la terre. Or, nul n'a prouvé l'existence de ces mouvements, et toute tentative entreprise pour en expliquer l'origine et la perpétuité a complètement échoué [1]).

L'affinité chimique avec ses imposantes manifestations de chaleur, d'électricité et de lumière, ne serait aussi qu'une espèce de mouvement atomique. On l'appelle encore, il est vrai, énergie potentielle, parce que les atomes qui en sont le siège, ne peuvent donner lieu à des phénomènes mécaniques aussi longtemps qu'ils ne se trouvent point dans les conditions requises pour la combinaison chimique. Mais, puisqu'elle n'est que du mouvement vibratoire invisible, il faut bien que l'énergie de ce mouvement réponde à l'intensité des phénomènes qui la trahissent. Or, de nouveau, qui donc a constaté la présence, dans ce morceau de cuivre resté immobile depuis des milliers d'années dans un filon cuprifère, de ces prodigieux tourbillons atomiques, qui, selon l'hypothèse, se seraient perpétués à travers les siècles, sans chocs, sans altération, sans perte de vitesse ?

N'est-ce pas l'invisible et l'imaginaire substitués à chaque pas aux causes réelles et si simples que traduisait le mot d'énergie potentielle ?

On rejette les forces occultes, sous prétexte qu'elles ne tombent jamais sous les prises de l'expérience directe. Vraiment, sont-ils moins occultes ces mouvements inconstatables par lesquels on prétend concrétiser le pouvoir virtuel de la pesanteur, de l'affinité chimique et en général de toutes les forces de la nature ?

Enfin, notons encore qu'il importe de se mettre en garde contre une fausse interprétation du principe de la conservation de l'énergie. D'aucuns se sont imaginé que l'énergie se conserve sous tous rapports. C'est là une erreur manifeste.

[1]) Voir plus haut, p. 189, n. 108.

Si la *quantité* d'énergie cosmique est invariable, la *qualité* au contraire change constamment ; elle subit une *dégradation* progressive en ce sens qu'elle devient de moins en moins utilisable. Nous exposerons plus loin, dans le chapitre consacré à l'énergétique, ce fait actuellement transformé en loi. Or cette distinction entre *quantité* et *qualité* ne se comprend guère dans un système qui n'admet d'autres différences que des différences quantitatives [1]).

[1]) Cfr. BRUNHES, *La dégradation de l'énergie,* pp. 324-334. Paris, Flammarion, 1908.

« Cette loi, dit M. Boutroux, introduit en physique un élément différent des éléments mécaniques... Les lois physiques ne peuvent donc se ramener aux lois mécaniques ; un élément nouveau intervient : la qualité. Ce n'est plus, sans doute, la qualité scolastique, mais c'est déjà un élément de différenciation et d'hétérogénéité. » Cfr. BOUTROUX, *De l'idée de la loi naturelle,* p. 54. Paris, Société française d'imprimerie, 1913.

ARTICLE IV

Le mécanisme au point de vue philosophique

111. Propriétés mécaniques du mouvement. — Nous avons suivi le mécanisme sur le terrain des faits. Il ne nous reste plus, pour en achever l'examen critique, qu'à le soumettre au contrôle des données certaines de la métaphysique.

A ce point de vue, des deux éléments constitutifs du système, il en est un qui mérite une attention spéciale, savoir le mouvement.

On connaît le rôle immense qui lui est assigné dans l'explication mécanique de l'univers :

1° Seul et unique principe de toute activité matérielle, il préside à la genèse de tous les événements et des changements incessants dont le monde est le théâtre.

2° Il revêt dans ses métamorphoses ces multiples modalités que nous appelons chaleur, magnétisme, électricité, lumière et pesanteur.

3° Enfin, grâce à sa facile transmissibilité, il passe inchangé d'un corps à l'autre ou se distribue, au hasard des rencontres, mais d'après les lois du choc, sur des mobiles en repos qu'il transforme en agents mécaniques.

Nous passerons en revue les diverses propriétés dont le mécanisme se plaît à doter le mouvement local. Mais avant de nous engager dans cette étude, il est nécessaire de mettre en lumière la nature intime de cette réalité corporelle.

112. Analyse métaphysique du mouvement local. — Saint Thomas, à la suite d'Aristote, rattache l'idée de mouvement « *motus* » à l'idée plus générale de changement « *mutatio* ».

Nous disons qu'une chose a réellement changé, lorsqu'elle se présente sous une manière d'être différente de celle qu'elle avait auparavant. Le changement implique donc deux termes, dont l'un est le point de départ, l'autre, le point d'arrivée ou terme final. Et pour que le changement soit réel, pour que le sujet passe d'un terme à l'autre, il faut qu'il y ait entre les deux une opposition telle, que l'acquisition de l'un soit inconciliable avec la persistance de l'autre.

Or, il n'y a que deux oppositions possibles : ou bien les deux termes sont contradictoires, ou bien ils sont contraires. De là deux catégories distinctes de changements.

Si les termes sont contradictoires, comme le sont l'être et le non être, le passage de l'un à l'autre se fait d'une manière instantanée, car entre les deux, pas d'intermédiaire possible. On a donné à cette espèce de changement, qui se réalise notamment dans la génération et la destruction naturelle des choses, le nom de changement *instantané*.

Les termes sont-ils opposés comme deux contraires, on comprend qu'entre ces deux extrêmes se trouve nécessairement un intermédiaire, qu'il faudra successivement parcourir pour passer de l'un à l'autre. Le changement de couleur que nous observons chaque année dans le feuillage des arbres à l'approche de l'automne, nous en donne un bel exemple. Entre le vert pur ou sombre de l'été et le jaune safran de l'arrière saison, que de nuances intermédiaires et fugitives ont marqué la douce transition de la vie exubérante de la nature à son état de sommeil hivernal !

Les scolastiques donnèrent à cette espèce de changement le nom de mouvement proprement dit ou *motus*. Il a pour caractère essentiel d'être *successif et continu*.

Trop familiarisés avec la conception mécanique de l'univers, nous sommes tous portés à identifier le terme générique de *mouvement* avec celui de *mouvement local*. L'École lui attribuait cependant une acception beaucoup plus large. Elle distinguait, d'après la nature du terme réalisé par le change-

ment, trois espèces de mouvements successifs et continus : le lieu, la quantité et la qualité sont trois réalités distinctes qui se modifient, au même titre, d'une manière graduée et ininterrompue. De là, les trois espèces de mouvements : le mouvement *local,* le mouvement *quantitatif* d'accroissement ou de décroissance, et le mouvement *altératif* ou *qualitatif.*

En faisant abstraction de leurs notes différentielles, Aristote les a définis en une formule restée célèbre. Pour ne rien préjuger, nous en ferons l'application au seul mouvement qui nous intéresse actuellement, c'est-à dire au mouvement local.

« Le mouvement, dit-il, est l'acte d'un être en puissance en tant qu'il est encore en puissance » [1]).

Le mouvement est d'abord un acte, une détermination actuelle, qu'il faut soigneusement distinguer d'une simple puissance d'agir ou de recevoir. Nul ne dira d'une pierre immobile, susceptible d'être lancée dans l'espace, qu'elle possède déjà le mouvement. Elle ne jouit encore que de la puissance d'être mise en mouvement, et celui-ci commencera avec la réalisation de cette même puissance. C'est donc l'actuation d'un être en susceptivité.

Cependant, cet acte qui fixe le corps dans une position nouvelle et constitue la réalité mobile du mouvement local, ne peut être quelque chose d'achevé ou de complet sous tous rapports. Si nous considérons la pierre qu'on a lancée dans l'espace, au moment où elle occupe déjà, immobile, sa place nouvelle, nous pourrons bien dire qu'elle a été mue, que son mouvement est un fait accompli, mais elle n'est plus *en* mouvement.

Pour la concevoir dans l'état de mouvement, il faut se la représenter comme s'acheminant encore vers une position ultérieure, ou bien, dans une situation quelconque qui n'est plus son point de départ et n'est pas encore son point d'arrivée ou le lieu de son repos.

[1]) Aristoteles, *Naturalis auscultationis,* lib. III, c. I., édit. Didot.

Bien que déterminé déjà par cette actuation qui lui donne une place nouvelle, le mobile ne nous apparaît donc en mouvement, qu'à la condition de se trouver en puissance réceptive prochaine à l'égard d'une actuation ultérieure.

L'acte constitutif du mouvement se présente ainsi comme une réalité incomplète, affectée d'une double relation : relation avec un sujet récepteur ou mobile qu'elle détermine en le situant dans une nouvelle partie de l'espace ; relation avec un perfectionnement ultérieur, c'est-à-dire, avec les positions nouvelles que le mobile reçoit sans discontinuité.

Cela posé, examinons les diverses propriétés que le mécanisme attribue au mouvement local.

§ I

Premier principe mécanique : Le mouvement local est une force, une cause capable de produire un effet mécanique

113. Illogisme du mécanisme. — D'abord, s'il est un fait qui doive nous étonner, c'est bien cette proposition placée en tête du mécanisme moderne.

En effet, tandis que les tenants du système sont unanimes à l'élever à la hauteur d'un dogme indiscutable, tous aussi s'accordent à rejeter la théorie du mouvement *absolu* qui peut seule sauvegarder la réalité objective du mouvement local [1]).

En physique, en mécanique et, en général, dans les sciences naturelles, les mécanistes considèrent le déplacement du corps comme un simple changement de relations spatiales. « Le mouvement, disait Descartes, est essentiellement relatif. Tout ce qui est positif et réel dans les corps qui se meuvent et qui nous les fait dire en mouvement, se trouve aussi bien dans les corps contigus, qui sont censés rester immobiles » [2]).

[1]) A lire une très intéressante étude de M. Duhem, *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, notamment les pages 272-281. Montligeon (Orne), 1909.

[2]) Cartesius, *Princip. phil.*, P. II, n. 30.

Au lieu de le regarder comme une réalité mobile et fugitive, destinée à donner aux êtres corporels leurs positions instables et toujours changeantes, la théorie universellement reçue, réduit donc le mouvement à un *changement de relations*. Or, dans ce cas, il est impossible de lui attribuer un être réel.

La distance, qu'est-elle, abstraction faite des termes qui la limitent ? Est-ce une petite entité suspendue ou intercalée entre ses points d'appui ? Évidemment non ; en elle-même, elle n'est rien qu'un rapport possible. D'autre part, les corps qui en fixent les limites n'ont subi, par hypothèse, aucune modification du chef du mouvement, puisque celui-ci se trouve aussi bien dans le corps en repos que dans le corps mû. Quel est donc l'être réel du mouvement relatif ? S'il n'est rien, comment peut-il devenir l'agent unique et universel de tous les phénomènes corporels ?

Toutefois, nous ne voulons accorder à cette critique que la valeur d'un argument *ad hominem*. Car pour nous, le mouvement a sa réalité propre, indépendante de toute relation spatiale. Il consiste dans un accident mobile et incessamment renouvelé, dont le propre est de fixer momentanément le corps dans la série successive des positions instables qu'il parcourt [1]).

Afin d'envisager la question sous le jour le plus favorable au mécanisme, nous accorderons au mouvement le maximum de réalité que lui reconnaît la théorie réaliste.

114. Aucun des éléments constitutifs du mouvement ne répond à la notion de force. — D'après la définition donnée plus haut, le mouvement est une synthèse de trois éléments indissolublement unis. Il comprend : 1° un mobile en puissance réceptive ; 2° un acte, une détermination

[1]) Pour l'exposé et la preuve de cette doctrine, cfr. D. NYS, *La notion de l'espace d'après les théories modernes depuis Descartes*, pp. 121-141. Bruxelles, Hayez, 1907. (Mémoire couronné par l'Académie royale de Belgique).

qui perfectionne ou met en valeur la puissance passive du mobile en lui donnant une localisation nouvelle; 3° la tendance actuelle du mobile, incomplètement satisfaite, à recevoir, *hic et nunc*, d'autres déterminations spatiales.

Or, ni dans ces éléments considérés individuellement, ni dans leur ensemble, n'apparaît le moindre indice d'un pouvoir d'action.

1° Tous les corps ont l'aptitude de passer de l'état de repos au mouvement ; mais, en vertu de la loi d'inertie, tous se trouvent dans l'impuissance radicale de se communiquer à eux-mêmes un mouvement quelconque, de modifier l'intensité ou la direction de celui dont ils sont éventuellement animés. Cette communication est toujours l'œuvre d'une cause étrangère, si bien qu'à cet égard les corps ne manifestent qu'une mobilité passive, ou mieux, un simple pouvoir réceptif.

Au reste, si cette réceptivité n'était mise par la pensée en connexion avec un commencement d'actuation ou de localisation spatiale nouvelle, elle n'entrerait même pas en ligne de compte dans une définition du mouvement, car elle appartiendrait au même titre à la matière en repos.

Passivité exclusive de tout pouvoir dynamique, tel est le caractère essentiel de ce premier élément constitutif du mouvement.

2° En somme, tout ce qu'il y a de réel dans le mouvement local se résume en cette détermination continue par laquelle le mobile se trouve à chaque instant fixé à des places différentes dans l'espace.

Quel est l'effet propre et immédiat de ces actuations fugitives ? Communiquent-elles au corps la puissance *active* d'acquérir les positions consécutives à celle qu'il possède en les recevant ? S'il en était ainsi, si toute position acquise conférait au mobile le pouvoir efficace de se procurer de lui-même les situations ultérieures, on concevrait que dans le fait

d'une rencontre, un corps en action pût communiquer son propre mouvement à la matière en repos. Mais tel n'est pas le résultat de cette détermination. Le corps qui la reçoit acquiert, en la recevant, sa position nouvelle dans l'espace et rien de plus, car la passivité du mobile ne s'étend pas seulement à telle ou telle partie du mouvement local, mais à la totalité des parties spatiales qu'il comprend. Les actuations successives ou localisations nouvelles viennent donc satisfaire partiellement cette aptitude passive, sans en supprimer jamais la passivité à l'égard des actuations ultérieures.

La série des localisations fugitives, acquises par un corps en mouvement, forme de la sorte un tout continu, divisible par l'intelligence en positions multiples, dont l'ensemble toutefois relève forcément d'une cause extrinsèque.

Ici, de nouveau, la passivité inhérente à l'inertie de la matière nous oblige à refuser aux actualités passagères que lui confère le mouvement local, tout pouvoir dynamique réel.

3° Reste le troisième élément ou la tendance du mobile à parcourir de nouveaux espaces.

Les localisations éphémères du mobile ne constituent réellement le mouvement, qu'à la condition de ne jouir d'aucune stabilité, d' être affectées d'un perpétuel devenir dont la réalisation progressive forme ce qu'on peut appeler *le flux continu des positions spatiales*. Sans cette condition, chacune des positions pourrait être regardée comme terme du mouvement ou lieu de repos.

De là la nécessité, si l'on veut qu'elles fassent partie de l'être mobile du mouvement, de supposer dans le corps qui les reçoit, une tendance actuelle à de nouveaux déplacements. Mais cette tendance, nous l'avons vu, ne porte point dans ses flancs le principe d'une action quelconque. Simple puissance passive, elle donne au corps l'aptitude à recevoir, sous l'influence active de la cause motrice extrinsèque, des localisations toujours nouvelles.

Que l'on considère ce pouvoir récepteur au moment où il va s'enrichir de sa première détermination spatiale, ou qu'on le suive à travers le flux continu des positions données au mobile, il reste identique à lui-même, c'est-à-dire apte à recevoir, mais physiquement incapable de communiquer une activité.

D'autre part, les actuations successives qui composent la trame continue du mouvement, n'étant elles-mêmes que des effets, dont aucun n'exerce sur l'autre le rôle de cause, nous en concluons que le mouvement local, aussi bien dans ses éléments individuels que dans sa réalité constitutive intégrale, se trouve impuissant à exercer une influence causale quelconque.

115. Objection tirée de certains faits mécaniques. — Si le mouvement local n'est pas une source de réelle énergie, d'où vient cependant que tout corps en mouvement possède un pouvoir dynamique toujours proportionné, au moins en partie, à l'intensité du mouvement dont il est animé ?

Prenons un exemple : une balle lancée par une arme à feu, traverse l'espace, rencontre sur son parcours une pièce de bois, s'y enfonce et s'arrête immobile à une certaine profondeur. Il s'est produit un effet mécanique considérable ; le bois s'est comprimé pour livrer passage au projectile ; des résistances puissantes ont dû céder le pas à un pouvoir compressif supérieur. De quelle cause relève cet effet ? En l'examinant de près, nous remarquons qu'il coïncide en tous points avec le mouvement du projectile. La perforation du bois est d'autant plus profonde que le mouvement est plus rapide ; elle commence avec lui, et cesse dès que lui-même arrive à son terme. N'est-il pas évident, qu'en lui réside la causalité de l'effet produit ? Au surplus, ce mouvement supprimé, que deviendrait le pouvoir dynamique du projectile ?

116. Explication de ces faits. — Cet exemple et de nombreux cas analogues que la nature nous offre tous les jours, sont vraiment suggestifs. A s'en tenir aux apparences, il paraît naturel d'établir un lien causal entre des phénomènes qui se produisent toujours si étroitement unis et semblent partager les mêmes vicissitudes. L'erreur est facile ; bien des hommes de science en ont été les victimes.

Expliquons d'abord le fait. Nous justifierons ensuite notre manière de voir.

Dans ce cas, comme dans tous les phénomènes similaires, l'effet mécanique, croyons nous, ne relève point du mouvement local, mais d'une force proprement dite, distincte du mouvement.

Au moment où la poudre s'est enflammée dans l'arme à feu, elle a donné naissance à des produits gazeux, qui, tendant à prendre une énorme extension de volume, ont communiqué au projectile une puissante énergie motrice, une impulsion ou mieux une force de projection dont l'effet immédiat fut le mouvement rapide du projectile. Sous l'influence continue de cette *qualité motrice,* la balle lancée dans l'espace conserverait indéfiniment son mouvement de translation, si elle n'avait constamment à lutter contre la pesanteur et la résistance de l'air ; car la force dont elle est animée ne peut être détruite que dans un conflit avec des forces contraires.

Arrivée en contact avec la pièce de bois, l'énergie motrice du projectile, qui jusque-là n'a guère rencontré de sérieuse rivale, se trouve aux prises avec une force antagoniste, la force de résistance du bois. Supérieure en intensité aux premières résistances qui tendent à l'annuler, elle parvient sans doute à en triompher, mais en perdant, à chaque pas, de son énergie native, jusqu'à ce qu'enfin, complètement vaincue par les forces antagonistes, elle disparaît de la scène comme force de translation [1]). Alors le projectile, privé de la cause

[1]) L'énergie n'est cependant pas anéantie ; elle est alors remplacée par des phénomènes thermiques ou d'autres mouvements moléculaires.

de son mouvement ou de son énergie motrice, passe au repos.

Ainsi se comprennent aisément ces multiples relations qui lient l'effet mécanique au mouvement de la balle. Si ce mouvement est le premier résultat et la manifestation fidèle de l'énergie motrice communiquée, rien d'étonnant qu'il en suive toutes les phases. Il naît fatalement avec cette énergie, jouit d'une intensité qui lui est proportionnée, s'amoindrit avec elle, et disparaît enfin au terme de l'effet produit.

117. Nécessité d'une qualité motrice. — Pourquoi, me direz-vous, cette qualité motrice, ce facteur intermédiaire entre le mobile et son mouvement ?

La nécessité de cet agent se laisse aisément soupçonner dès que l'on fixe les regards sur la nature intime du mouvement local.

La balle en mouvement, avons-nous dit, donne naissance à un effet mécanique. Or le mouvement ne peut exercer aucune influence causale. Donc il faut qu'à côté de lui, se trouve dans le projectile un principe dynamique qui, à raison de sa stabilité et de sa destination, porte à juste titre le nom de « qualité motrice ».

Pour mieux faire comprendre ces principes, appliquons-les à un exemple très simple.

Voici une bille de billard en repos sur un plan horizontal parfaitement uni. Par un coup sec bien appliqué, vous la mettez en mouvement et l'abandonnez ensuite à elle même. Quel effet avez-vous produit ? Il importe peu à ce moment de le savoir. Mais il est certain que l'effet était complètement réalisé à cet instant où vous avez cessé d'agir sur le mobile. Sinon, en l'absence de toute influence extrinsèque, les phénomènes nouveaux qui continuent à se produire, seraient des effets sans cause, puisque, par hypothèse, l'activité de la bille ne relève que de vous.

Cela posé, admettons que le résultat de votre action sur le mobile soit le mouvement local pur et simple.

Sans doute, ce mouvement s'explique aussi longtemps qu'il coïncide avec votre influence réelle, et que le mobile est resté en contact soit avec votre main, soit avec la queue de billard dont vous vous êtes servi pour le mettre en mouvement. Mais, ce contact une fois brisé et votre action terminée, quelle est la cause du mouvement qui se perpétue, et qui même ne cesserait jamais s'il n'était constamment amoindri par les résistances extérieures ?

De deux choses, l'une : ou bien les nouvelles localisations que va recevoir le mobile ne sont rien, ne possèdent aucune réalité objective ; dans ce cas, il devient puéril d'attribuer au mouvement un pouvoir dynamique quelconque, et surtout d'en faire l'agent universel des phénomènes cosmiques. S'il faut le ranger parmi les illusions des sens, il est clair que son action est tout aussi illusoire.

Ou bien vous regardez les positions nouvelles acquises par la bille comme des phénomènes réels, mais à existence éphémère ; alors s'impose la supposition d'une qualité motrice inhérente au mobile. Ces phénomènes demandent en effet une cause stable, permanente, car ils peuvent se perpétuer à l'infini si l'on supprime toute résistance. De plus, cette force doit résider dans le mobile lui-même, si l'on veut qu'elle soit présente à ses effets constamment renouvelés, c'est-à-dire aux parties fugitives du mouvement.

Or, d'où vient cette énergie ? Elle fut évidemment communiquée à la bille au moment du choc ; c'est là l'effet immédiat de votre action, le mouvement n'en est que le résultat et la mesure partielle. A bon droit, nous l'avons donc appelée une qualité motrice essentiellement distincte du mouvement : en fait, elle échappe aux fluctuations incessantes qui caractérisent le déplacement local ; elle dispose le corps à produire des effets mécaniques, et si son intensité peut s'accroître ou s'amoindrir par des impulsions nouvelles favorables ou con-

traires, d'elle même elle tend à se conserver dans son état natif. Ne sont ce pas là autant de caractères qui la distinguent du mouvement et lui font une place à part dans la catégorie des réalités corporelles [1]) ?

118. Nouvelles instances. — A cet argument nous n'entrevoyons que deux échappatoires possibles.

La première revient à dire que chacune des positions du mobile, consécutives à l'action du moteur extrinsèque, est elle-même cause de la position qui la suit immédiatement. De la sorte, le mouvement une fois inauguré porterait en lui-même la cause de son perpétuel devenir, et le recours à la force motrice serait inutile.

Cette hypothèse se heurte trop manifestement aux principes fondamentaux de la physique moderne, pour qu'on ait osé jusqu'ici la défendre. Autant vaudrait nier d'emblée la loi

[1]) A l'effet d'établir l'existence d'une distinction réelle entre l'énergie motrice et le mouvement, certains auteurs ont eu recours à un argument assez séduisant : « Il y a lieu de placer une distinction réelle entre deux choses dont l'une peut exister sans l'autre. Or, bien souvent les corps reçoivent une énergie motrice qui n'est suivie d'aucun mouvement ; tel, le cas où la masse est très grande et l'impulsion très faible. Donc... »

Que dire de cet argument ?

Il est, croyons-nous, sans valeur. Le principe de la conservation de l'énergie le condamne d'avance, et l'expérience quotidienne elle-même lui donne un solennel démenti. D'après ce principe incontestable, chaque fois qu'une force matérielle vient à disparaître, une autre énergie, en quantité équivalente, la remplace. Dans le cas mentionné, si la force motrice ne peut produire le mouvement de translation parce qu'elle rencontre une force supérieure de résistance qui l'annule, ou un obstacle fixe, nous sommes certain qu'il se produit dans le mobile une énergie calorifique équivalente à l'énergie motrice disparue.

Or, selon les mécanistes, cette nouvelle énergie n'est, comme toutes les autres, qu'un mode de mouvement. La qualité motrice ne se communique donc jamais sans donner naissance à du mouvement, qui peut être, d'après les cas, calorifique, moléculaire et invisible, de translation, etc.

Le fait de la séparabilité des deux phénomènes sur lequel repose la preuve, est par conséquent illusoire.

d'inertie. Dire que toute place occupée par un corps lui donne le pouvoir de s'en procurer une autre, c'est affirmer que la matière en repos peut, de sa propre initiative, se communiquer le mouvement.

En somme, les places successives que parcourt un mobile en action, ne sont pas d'une autre nature que la dernière position où le mobile vient jouir du repos. D'évidence, il n'existe entre elles aucune différence réelle. Si les premières font partie du mouvement, c'est uniquement parce qu'à chacune d'elles est annexé un devenir en voie de réalisation.

La seconde difficulté mérite plus d'attention. Supposer dans toute matière en mouvement l'existence d'une énergie motrice, n'est ce pas introduire une force vitale au sein des êtres inorganiques ? Cette qualité, dit-on, est interne, elle a son siège dans le mobile en action. D'autre part, le résultat de son activité ou le mouvement n'a lui-même d'autre support que le mobile. Cause et effet se trouvant dans le même sujet, que nous manque-t-il pour une action immanente ?

En y regardant de plus près, on s'aperçoit aisément que l'immanence de la *cause* n'est ici qu'apparente.

L'immanence vraie, qui caractérise l'action vitale, n'exige pas seulement que la cause et son effet résident dans un même être ; il faut en plus que cette cause ait sa racine dans le fond même de l'être, qu'elle découle de son essence. A cette condition seulement, elle constitue pour lui un moyen congénital et naturel d'action, et l'on peut dire que chaque fois qu'elle exerce son activité, c'est l'être lui-même qui agit ou *se* meut.

Or dans le cas présent, la qualité motrice, bien qu'inhérente au mobile, reste toujours en lui une qualité d'emprunt ; elle n'en reflète point la nature et ne puise pas dans ses entrailles l'énergie qu'elle-même possède.

Vrai substitut de la cause extrinsèque, cette énergie communiquée décide le mobile au mouvement, mais elle lui enlève l'initiative de l'activité dont il est le support obligé. En un

mot, le corps est *mis* en mouvement ; il n'est point *cause* de son propre mouvement [1]).

§ 2

Deuxième principe mécanique :
Le mouvement est transmissible d'un corps à l'autre

Ces termes « transmission » ou « transmissibilité du mouvement » se rencontrent presque à chaque page des ouvrages modernes de physique et de mécanique.

Lorsqu'un corps en mouvement vient à heurter un corps

[1]) Il ne sera peut-être pas inutile de rencontrer une troisième difficulté que nous trouvons formulée dans un des ouvrages du P. SECCHI, *L'unité des forces physiques,* p. 13. Dans notre discussion sur le pouvoir dynamique du mouvement, nous n'avons accordé aucun rôle à la masse. Or, dit le savant astronome, « la masse animée de vitesse est quelque chose de plus que le simple mouvement, c'est une force dans la large acception du mot. » En négligeant ce facteur important, n'avons-nous pas omis l'élément complémentaire dont le mouvement a besoin pour jouir d'un véritable pouvoir dynamique ?

Nous ne prétendons nullement refuser à la masse toute influence sur la grandeur des effets mécaniques. Seulement, au point de vue où nous nous sommes placé, nous n'avions aucun motif d'en faire mention. La seule question soulevée était de savoir si le mouvement, quelle que fût d'ailleurs son intensité, constituait un réel principe d'action. Or, de l'aveu de tous les mécanistes, la masse est inerte, ou ne possède, d'elle-même, aucun pouvoir virtuel.

Dans l'évaluation du mouvement, elle intervient sans doute, mais au point de vue exclusivement quantitatif. Ainsi, si deux masses d'inégale grandeur sont animées d'une même vitesse, on attribue à la plus grande plus de mouvement et un pouvoir dynamique plus intense qu'à la plus petite, car le mouvement devant se disséminer sur toute la quantité de matière du corps, on comprend que, même dans le cas d'égale vitesse, la *quantité* de mouvement dépend de la quantité de masse qu'elle anime. Mais ce rôle purement *quantitatif* et *passif* de la masse est absolument étranger à notre étude actuelle, qui, répétons-le, vise uniquement la *nature* du mouvement.

en repos, ou doué d'une vitesse inégale et de même sens, il se produit, au moins en apparence, soit un partage, soit un échange de mouvement. L'un gagne en vitesse ce que l'autre a perdu. Le mouvement étant là, nous trouvons très naturel de dire qu'il passe d'un corps à l'autre, qu'il continue sous une forme ou sous une autre. De là, l'expression communément reçue de « transmission du mouvement ».

Ici de nouveau les apparences sont trompeuses.

119. **Première réfutation.** — Selon la théorie la plus réaliste, et partant la plus favorable aux vues mécanistes, le mouvement est une de ces réalités mobiles et fugitives qui ne peuvent naître, ni jouir de leur existence éphémère en dehors d'un substrat matériel. Concrétisé et individualisé par ce sujet d'inhérence dont il dépend intrinsèquement, il doit lui rester attaché sous peine de disparaître du monde réel, car ces conditions sont indispensables à son existence d'emprunt. C'est aussi le sort de toute modalité accidentelle, comme l'étendue, la couleur, etc. Il existe donc une impossibilité physique à ce que le mouvement émigre d'une substance dans une autre [1]).

[1]) Nous ne résistons pas au désir de citer ici l'analyse vraiment remarquable que M. Meyerson a faite récemment de cette prétendue communication du mouvement : « Le corps moteur, dit-il, était lui-même en mouvement, il n'a fait que *communiquer* ce mouvement à un autre corps ; il semble donc que l'identité ait été maintenue, et que quelque chose, le mouvement, se soit simplement déplacé, passant du premier corps au second... Mais à mesure que nous approfondissons ce concept, nous le voyons se dérober à notre imagination. Il ne saurait y avoir de mouvement sans substrat matériel, sans quelque chose qui se meut. Le mouvement n'a rien d'une substance, et c'est tout au plus si nous pouvons le considérer comme un *état*.

» A supposer que nous acceptions ce dernier concept, que nous considérions que cet état doive durer indéfiniment, ainsi que l'exige le principe d'inertie, comment pourrait-il se détacher d'un corps pour s'attacher à un autre ? Il faudrait, comme l'a très justement remarqué Lotze [2]), qu'entre les deux, cet

[2]) Lotze, *Grundzüge der Naturphilosophie*, 2e éd., p. 17, Leipzig, 1889.

La théorie mécanique deviendrait sans doute plus concevable, si, faisant litière des faits et remettant en honneur l'ancienne hypothèse de l'émission, elle prétendait substantialiser le mouvement local. Alors, les voltiges et la transmission de ce petit être *sui generis* se comprendraient plus aisément. A pareilles rêveries nul n'oserait s'arrêter un instant.

120. **Deuxième réfutation.** — Au surplus, l'analyse des faits nous fera toucher du doigt l'impossibilité d'une pareille transmission.

La rencontre de deux corps élastiques, de même masse, dont l'un est en repos, l'autre en mouvement, peut avoir pour résultat l'arrêt du moteur et la mise en mouvement du mobile. Que se passe-t-il dans ce phénomène ?

Au moment où s'arrête le moteur, le mouvement dont il était animé arrive à son terme et lui donne la position tranquille qu'il occupe. Quelle est l'origine du mouvement engendré dans le mobile ?

Provient-il de la série de positions déjà parcourues par le moteur ?

Il est évident qu'au moment de la rencontre, il ne reste plus rien de ces réalités éphémères. Délaissées une à une au cours du trajet, elles se sont évanouies sans laisser de trace de leur existence momentanée.

Consiste-t-il peut-être dans les localisations ultérieures que le moteur aurait reçues si aucun obstacle n'était venu entraver sa marche ?

Pas davantage. Au moment du choc, elles se trouvaient encore dans le domaine des purs possibles.

Que reste-t-il ? La position actuelle du moteur ? Impossible

état existât un moment (infiniment court si l'on veut) en soi, comme une véritable substance, ce qui est absurde.

» En réalité, il est tout à fait impossible de se figurer la transmission du mouvement d'atome à atome sans faire intervenir une faculté spéciale, un agent mystérieux. » MEYERSON, *Identité et réalité*, p. 332. Paris, Alcan, 1912.

qu'il s'en dessaisisse, sinon, il disparaîtrait lui-même de la scène, puisqu'il n'aurait plus de place dans l'espace.

Dans quels secrets replis de l'être réside donc cette partie du mouvement que l'on suppose transmise du moteur au mobile ?

121. **Instance.** — Cependant, dira-t-on, ce phénomène n'en demeure pas moins étrange. Un choc se produit. Des deux corps en conflit, l'un passe au repos, l'autre gagne en mouvement ce qu'a perdu le premier. S'il n'y a pas de transmission, quelle est la cause de ce double résultat ?

La théorie des qualités motrices nous donne seule la clef de cet apparent mystère.

Au moment de la rencontre, la force mécanique du moteur se déploie sur le mobile en contact, et produit en lui une impulsion, c'est-à-dire une énergie motrice qui en détermine aussitôt la mise en mouvement. Mais toute action provoque une réaction égale et contraire. Le mobile à son tour réagit sur le moteur par sa force de résistance, et du balancement de ces énergies antagonistes et de même intensité résulte fatalement l'arrêt subit du moteur.

Le phénomène se ramène ainsi à un simple jeu de causes efficientes régi par la loi mécanique de l'égalité de l'action et de la réaction [1]).

§ 3

Troisième principe mécanique : Le mouvement local peut se transformer en chaleur, électricité, lumière, magnétisme, etc.

122. **Portée de cet adage. Phénomènes qui semblent le légitimer.** — La réduction de tous les phéno-

[1]) Le cas dont il est ici question, suppose l'égalité des masses et le choc central. L'effet produit serait différent si les corps étaient doués de masses

mènes matériels à un minimum de causes fut toujours la tendance caractéristique du mécanisme. C'est sous l'influence de cette préoccupation scientifique que furent proclamées d'abord l'homogénéité et l'unité de la matière. Quant aux forces corporelles, l'unification ne pouvait guère se faire qu'en les identifiant toutes avec le mouvement local. Mais cette nouvelle unité synthétique se conciliait très peu avec la diversité manifeste des phénomènes. On dota donc le mouvement de formes variées, de modes multiples; et pour lui conserver sous ses allures si diverses son unité fondamentale, on en fit une sorte de caméléon capable de se transformer, au cours des événements, en autant de modalités qu'en réclamaient les exigences des faits.

Pour qui se borne à un examen superficiel des phénomènes,

d'inégale grandeur, mais les principes explicatifs s'y appliqueraient avec la même rigueur.

Nous n'avons mentionné que le résultat global de l'échange des activités. En fait, le phénomène comprend deux phases distinctes. Dès que les deux corps se trouvent en contact, ils appuient l'un sur l'autre, se déforment, et cette déformation continue jusqu'au moment où ils sont animés d'une même vitesse. A cet instant, qui coïncide avec le maximum de déformation, le mobile, en vertu de l'impulsion reçue, possède la moitié de la vitesse dont le moteur était animé, tandis que le moteur a perdu, sous l'influence de la réaction, la moitié de la sienne. Telle est la première phase du choc.

Mais cet état de vitesse commune est de très courte durée.

Les deux corps élastiques déformés tendent en effet à reprendre leur volume primitif. Par la mise en œuvre de leurs forces d'élasticité, ils exercent l'un sur l'autre deux actions identiques à celles qui se sont produites pendant la période de déformation, en sorte que la vitesse du mobile se trouve doublée, et celle du moteur réduite à zéro.

En somme, le mouvement engendré résulte de deux impulsions successives, comme le passage au repos du moteur a pour cause deux résistances d'égale intensité.

Si les corps étaient inélastiques, le phénomène du choc ne comprendrait que la première phase décrite, et les deux corps aplatis continueraient à se mouvoir avec une vitesse égale à la moitié de la vitesse primitive du moteur.

Cfr. Dressel, *Lehrbuch der Physik. Die Stosswirkungen*, p. 110. Freiburg, 1895. — Ritter, *Lehrbuch der technischen Mechanik. Theorie des Stosses*, p. 616. Leipzig, 1896.

cette transformabilité du mouvement en lumière, chaleur, électricité, etc., semble expliquer assez fidèlement le lien de succession et de corrélation qui rattache entre elles ces différentes forces de la nature.

Une balle lancée violemment contre une muraille s'y aplatit, et perd son mouvement de translation ; mais l'expérience nous prouve que la muraille et la balle se sont échauffées. Le mouvement, dit-on, s'est transformé en chaleur.

A son tour, la chaleur semble se convertir en électricité. Chauffez un fragment de tourmaline ; aussitôt se formeront aux extrémités deux pôles bien distincts, l'un positif, l'autre négatif.

Un rayon de lumière tombe sur la rétine de l'œil ; il s'y éteint, mais donne naissance à un petit courant électrique qui parcourt les profondeurs de l'organe visuel.

Étudiez les autres phénomènes et vous verrez que tous, sans exception, se substituent les uns aux autres en quantité équivalente.

N'y a-t-il pas là un indice manifeste, qu'en somme, toutes les formes de l'énergie ne sont que du mouvement local transformé ?

123. **Conditions d'une transformation.** — Avant de juger de la possibilité du fait, déterminons les conditions essentielles que doit réaliser une transformation quelconque.

Pour qu'une chose se convertisse en une autre, il faut qu'elle se dépouille de certaines manières d'être qui caractérisent son état actuel ; autrement, elle resterait identique à elle-même, et il n'y aurait point de place pour une vraie transformation. En second lieu, il est cependant nécessaire qu'une partie de la chose transformée se retrouve dans le résultat final de la transformation. A défaut de cette condition, un être nouveau, produit du néant, ferait place à l'ancien être totalement disparu. Mais une annihilation suivie d'une création ne nous présente évidemment pas la métamorphose naturelle d'un être.

124. Aucun mouvement local n'est transformable. — Ces principes établis, appliquons-les au mouvement local.

Comme l'être intégral du mouvement réside dans cette série ininterrompue de réalités accidentelles qui, à chaque instant, localisent le corps dans un lieu nouveau, elles seules aussi peuvent devenir le sujet d'une transformation.

Or le changement dont elles sont susceptibles, porte, ou sur la vitesse avec laquelle elles se succèdent dans le corps en mouvement, ou sur la direction que suit le mobile en les recevant.

Soit d'abord le *changement de vitesse.*

Voici un corps animé d'une vitesse de deux mètres à la seconde. Il reçoit une impulsion violente qui lui fait parcourir pendant le même temps un espace dix fois plus considérable. Quel lien établir entre ces deux mouvements consécutifs ? A la série continue de positions occupées par le mobile et entièrement disparues au moment de l'impulsion, succède une série nouvelle de localisations fugitives, dont le flux est dix fois plus rapide. Eh bien ! dans cette seconde phase du phénomène, retrouverez-vous des traces ou un résidu quelconque de la première ? Évidemment non. Le mouvement nouveau et celui qui l'a précédé constituent deux phénomènes distincts, totalement étrangers l'un à l'autre, reliés entre eux par un simple lien de succession.

Ainsi en est-il du *changement de direction.*

A la suite d'une impulsion nouvelle, tel corps se trouve lancé dans une direction oblique relativement à sa direction antérieure. Entre ces deux mouvements de direction diverse, aucun lien de parenté. Il suffit de suivre le mobile pendant son double trajet pour s'apercevoir, qu'à la dernière place qu'il occupait dans la première voie, il s'est fait une substitution de places entièrement nouvelles propres à la seconde. Dans cette suite de localisations consécutives à l'impulsion, nul ne saurait découvrir le moindre vestige du mouvement qui l'a précédée.

Quels qu'en soient la nature et le mode, dans aucun cas, un mouvement ne peut donc se convertir en un autre, parce qu'aucun élément constitutif d'un mouvement ne peut se retrouver dans celui qui le remplace.

Bien plus, semblable métamorphose constituerait une dérogation réelle aux lois de la nature.

Si le mouvement actuel d'un corps portait dans son sein un résidu quelconque d'un mouvement antérieur, le même corps occuperait simultanément plusieurs endroits de l'espace, car le mouvement est inséparable de son substrat matériel, et chacune de ses parties a sa place spatiale déterminée.

La succession des phénomènes que nous venons d'analyser, éveille, il est vrai, l'idée d'un changement, ou mieux d'une certaine transformation. Le grand tort du mécanisme fut de la placer dans le mouvement lui-même plutôt que dans sa cause réelle, l'énergie motrice.

Ainsi, dans le dernier fait mentionné, l'impulsion oblique et celle dont le mobile était déjà doué ont dû se combiner, conformément au théorème du parallélogramme des forces, pour imprimer au corps une direction nouvelle. Or, il est clair que la fusion de ces énergies n'a pu se produire sans une certaine altération de l'énergie primitive.

Dans le premier cas, la force motrice du mobile s'est vue renforcée d'une partie de l'énergie du moteur, et le mouvement qui en est l'effet devint plus rapide [1]).

[1]) Après avoir constaté l'impuissance de la théorie mécanique à justifier le rythme harmonieux d'après lequel se succèdent, dans un même corps, les phénomènes d'impulsion mécanique, de chaleur, de lumière, d'électricité, etc., il ne serait pas sans intérêt d'aborder le côté positif de cette loi de corrélation et d'en indiquer le véritable fondement. Nous préférons réserver cette question pour le second volume de notre travail, où nous traiterons *ex professo* de la nature des forces corporelles. C'est pourquoi nous avons donné à cette étude un caractère plutôt critique qu'explicatif.

§ 4

Causes générales de l'échec du mécanisme

Nous avons soumis le mécanisme à l'épreuve des faits qu'il s'était donné la mission d'expliquer.

Sur le terrain de la chimie, de la physique et de la cristallographie, aussi bien que dans le domaine de la métaphysique, des difficultés nombreuses, insolubles, souvent même des oppositions manifestes avec les données de l'expérience nous ont révélé l'insuffisance et le caractère antiscientifique de ce système. Que d'efforts cependant ses partisans n'ont-ils pas tentés, quel luxe d'hypothèses inventées en vue d'en prévenir l'échec définitif ?

A quoi tient cet insuccès ?

125. **Première cause.** — Afin de soumettre les phénomènes corporels aux lois de la mécanique qui est l'étude du mouvement local, le mécanisme s'est borné à analyser le changement de lieu des figures qui délimitent les diverses parties de la matière. C'était d'ailleurs le thème que lui traçait Helmholtz, lorsqu'il disait : « Il n'y a de changements possibles dans la nature que la distribution et l'arrangement divers des éléments dans l'espace, ce qui revient à un mouvement ».

Toujours en contact avec son élément favori qu'elle retrouvait d'ailleurs dans tous les phénomènes du monde corporel, frappée de la loi de corrélation et d'équivalence qui préside à la succession des multiples mouvements dont s'accompagnent la chaleur, l'électricité, la lumière, le magnétisme, la théorie mécanique en vint à douer le mouvement lui-même d'un *pouvoir dynamique,* à placer en lui la cause de ses prétendues métamorphoses.

Plus tard, pour éviter jusqu'aux apparences d'une causalité occulte, elle lui supposa même l'étrange aptitude à se transmettre d'un corps à l'autre. De là, la célèbre théorie des chocs. « Le choc, dit M. Hannequin, est pour le mécanisme moderne, la seule forme possible de l'échange de mouvement » [1])

Le terme « force » se trouvait ainsi rayé du langage scientifique, et la transmissibilité du mouvement devenait la forme obligée de toute causalité.

Cette double hypothèse, qui exagérait à la fois l'être intime de cet élément mécanique et en faussait le rôle, devait se heurter non seulement aux principes de la métaphysique, mais à ce vaste ensemble de faits où, d'évidence, le phénomène nouveau ne peut tirer son origine d'un mouvement antérieur [2]).

126. Seconde cause. — Le second défaut du système fut de réduire toutes les propriétés de la matière aux modalités du mouvement local.

« Les autres propriétés des corps, écrit M. Duhem, état solide ou fluide, état de combinaison et de décomposition chimique, d'éclairement, d'électrisation, d'aimantation, n'apparaissent pas à nos sens comme des agrégats d'éléments géométriques... Elles ne peuvent donc donner prise au calcul qu'à une condition : celle de pénétrer plus avant dans la connaissance des corps que nos sens ne nous y autorisent, et cela par la voie téméraire de l'hypothèse : celle de supposer, sous les propriétés non géométriques que nos perceptions nous révèlent, des combinaisons de figures et de mouvements qui seraient l'essence de ces propriétés... Pendant un siècle, ce principe a guidé les efforts des physiciens-géomètres ; ces

[1]) Hannequin, *Essai critique sur l'hypothèse des atomes*, pp. 127 et suiv. Paris, Alcan, 1899.

[2]) Voir plus haut : l'affinité chimique, la théorie cinétique des gaz, la pesanteur, le principe de la conservation de l'énergie, l'analyse métaphysique du mouvement, etc.

efforts... ont fini cependant par se heurter à des difficultés que beaucoup regardent comme insolubles » [1]).

De fait, quoique toutes les activités corporelles s'accompagnent de mouvement local et se prêtent de ce chef à la constitution d'une physique mathématique, il est incontestable qu'elles présentent aussi un aspect qualitatif et différentiel que nous ne retouvons point dans les modalités du mouvement ; cette face du phénomène échappe forcément à toute mesure directe [2]).

Pour avoir méconnu cette vérité, le mécanisme ne sut jamais nous donner qu'une explication incomplète des propriétés physiques de la matière [3]).

C'est la constatation que se plaît à relever un célèbre physicien, dans un récent article sur les destinées de la physique :

« Au lieu de s'acharner contre ces obstacles peut-être insurmontables, qui barraient la voie jusqu'alors, bon nombre de physiciens sont revenus en arrière pour chercher quelque route plus large et plus sûre. Ils ont entrepris d'examiner à nouveau les fondements des théories physiques, de déterminer quelles sont les conditions nécessaires pour qu'une telle théorie puisse être traduite en langage mathématique. Ils ont reconnu qu'il n'était nullement nécessaire pour cela que les propriétés physiques fussent remplacées par des assem-

[1]) Duhem, *Sur quelques extensions récentes de la statistique et de la dynamique (Revue des Questions scientifiques*, tome 50, avril 1901).

[2]) M. Wundt a développé la même pensée dans son ouvrage : *Système de philosophie*, 2e éd., 1897. M. Höffding en donne le résumé suivant dans ses *Philosophes contemporains*, p. 23. Paris, Alcan, 1908. « Bien que la physique ramène tous les changements à des changements de situation et de mouvement, elle ne nie pas cependant, d'après M. Wundt, que les choses du monde aient des propriétés internes non exprimées par leurs relations extérieures ; mais elle n'a pas à les étudier. » A lire une intéressante étude sur les rapports d'opposition entre la quantité et la qualité, par M. Bergson, *L'évolution créatrice*, pp. 325-370. Paris, Alcan, 1908.

[3]) Voir plus haut l'étude des faits de l'ordre physique et cristallographique.

blages de forme et de mouvement ; que les *états* et les *qualités* pouvaient être, non pas expliqués, mais symbolisés par des nombres et des figures ; enfin que ces nombres et ces figures permettaient la constitution d'une science dont l'antique mécanique rationnelle n'était plus que le premier chapitre, et le plus simple, d'une science embrassant dans ses lois, non seulement le mouvement local, mais toute espèce de changement d'état et de qualité » [1]).

La doctrine de la convertibilité du mouvement en lumière, chaleur, électricité et magnétisme fut aussi la conséquence fatale de cette réduction excessive [2]).

127. **Troisième cause.** — Enfin l'échec du mécanisme tient à une troisième cause, qui est peut-être, de toutes, la plus importante : le rejet de tout point de vue finaliste dans l'explication scientifique.

Lorsqu'il s'agit d'un fait individuel, par exemple, d'une combinaison chimique, la nécessité des causes finales ne se manifeste pas d'emblée avec toutes les clartés de l'évidence. Les forces mécaniques et physiques des générateurs dont on y saisit directement le jeu, semblent suffire à la production du composé. Il n'en est plus ainsi dès qu'on arrête la pensée sur l'ordre cosmique.

La récurrence invariable des mêmes espèces, si bien décrites par la chimie, la physique et la cristallographie, le lien indissoluble qui rattache tel faisceau de propriétés à telle espèce naturelle, les lois immuables qui président à la combinaison et à la décomposition des corps, le déploiement toujours identique des affinités chimiques malgré la variation incessante des circonstances, enfin cet harmonieux enchaînement de causes innombrables concourant à point nommé à la réali-

[1]) Duhem, *art. cité*, p. 131.

[2]) Cfr. Voir plus haut, pp. 216 et suiv., n. 122-124.

sation des effets indispensables au maintien de l'ordre [1]), tous ces faits généraux réclament, d'évidence une cause appropriée, qu'on rechercherait en vain parmi les causes immédiates des phénomènes.

Mais ces mêmes faits nous montrent aussi, que cet élément nouveau, ce principe stable et permanent d'orientation ne peut résider que dans le fonds intime des êtres, dans leur nature spécifique ; le thomisme l'appelle : le principe substantiel de finalité immanente. Le mécanisme l'a rejeté en y substituant son dogme de l'*homogénéité de la matière.*

Est-il étonnant que si souvent, au cours de l'examen scientifique de ce système, les métamorphoses ordonnées de la matière et le jeu régulier de ses activités se soient montrés incompatibles avec les caprices du mouvement local ? [2]).

[1]) « Le monde minéral, écrit DE LAPPARENT, nous donne de grands et salutaires enseignements en nous montrant partout à l'œuvre ce principe essentiellement sage de la moindre action, ainsi que la recherche obstinée de l'ordre et de la symétrie » *(Revue des Questions scientifiques,* p. 68, décembre 1900).

[2]) Cfr. plus haut la récurrence des espèces au point de vue chimique, physique, cristallographique.

LIVRE II

Le néo-mécanisme

ARTICLE PREMIER

Exposé de ce système

127. Idées essentielles de ce système. — 1° A l'encontre du mécanisme traditionnel, le néo-mécanisme s'interdit toute recherche, soit sur la nature intime de la substance, soit sur la constitution essentielle des phénomènes. Il regarde ces deux problèmes comme étrangers à la science physique et les abandonne aux discussions des métaphysiciens.

2° Pour ce système, le seul objet d'étude est donc le phénomène, mais le phénomène considéré sous un aspect spécial, c'est-à-dire, non tel qu'il est en lui-même, mais tel qu'il nous apparaît dans la perception sensible : « Je ne cesse pas d'oublier, écrit M. Perrin, que la sensation est la seule réalité. C'est la seule réalité, à la condition d'adjoindre aux sensations actuelles toutes les sensations *possibles* » [1]). « On peut supposer des microbes sans les voir jusqu'au jour où un réactif les révèle, dit M. Rey. Pourquoi n'aurait-on pas le droit de supposer une structure de la matière, qu'un jour l'expérience

[1]) Perrin, *Traité de chimie générale. Les principes*, p. IX, Paris, Gauthier-Villars, 1903. — *Les atomes*, p. IV. Paris, Alcan, 1914.

pourra déceler?» [1]) Le néo-mécanisme restreint donc le champ de ses investigations aux seules données expérimentales fournies par les sens, en comprenant dans ce champ, tout ce que les sens perçoivent actuellement et tout ce qu'ils pourront percevoir à l'avenir, à la suite de nouvelles méthodes de travail, ou à la lumière de nouvelles découvertes.

Il est clair cependant que le phénomène ainsi perçu par la sensation doit être considéré, non dans sa réalité individuelle, mais dans ses caractères constants et généraux.

Sous sa forme nouvelle, le mécanisme est donc *phénoméniste.* C'est là, d'ailleurs, le caractère général de la physique actuelle.

En second lieu, le phénomène, pour devenir objet de la science, doit se présenter sous un aspect *relatif.* Ce n'est pas en effet sa réalité constitutive, absolue qu'on cherche à dévoiler, ce sont ses relations, que l'on tâche de décrire. « Les rapports véritables entre ces objets réels sont, dit Poincaré, la seule réalité que nous puissions atteindre » [2]). Connaître un phénomène, c'est en connaître la mesure, les conditions de son apparition, de ses variations, de sa disparition, le lien qui le rattache à ses antécédents et à ses conséquents.

De plus, la connaissance exprimée par un ensemble de relations, présente encore un caractère relatif en ce sens qu'elle est valable relativement aux expériences actuelles, sans cesser d'être revisable par des expériences nouvelles [3]).

3° Le néo-mécanisme s'interdit aussi la recherche des causes, entendues au sens métaphysique du mot. Il se contente d'ex-

[1]) Rey, *La philosophie moderne,* p. 147. Paris, Flammarion, 1911.

[2]) H. Poincaré, *La science et l'hypothèse,* p. 190. Paris, Flammarion. — *La valeur de la science,* p. 266. « Quand nous demandons, dit-il, quelle est la valeur objective de la science, cela ne veut pas dire : la science nous fait-elle connaître la véritable nature des choses ? Mais cela veut dire : nous fait-elle connaître les véritables rapports des choses ? »

[3]) Delbet, *La science et la réalité,* p. 277. Paris, Flammarion, 1913.

primer l'ordre de succession ou de concomitance que nous offre l'expérience phénoménale, les relations nécessaires qui enchaînent entre elles les données sensibles, afin de nous faire connaître les phénomènes et d'en prévoir de nouveaux. En d'autres termes, il établit une liaison réelle ou possible entre des perceptions réelles ou possibles, sans y faire intervenir jamais, comme élément explicatif, l'idée de cause ou de pouvoir producteur, de cause efficiente. Les hypothèses mécanistes, inventées pour rendre compte de ces liaisons, ne sont que des fictions [1]).

4° La tendance caractéristique du système est d'expliquer tous les phénomènes en les réduisant au mouvement local et aux lois qui le régissent.

Le néo-mécanisme n'affirme pas, qu'à l'heure présente ce travail d'homogénéisation soit achevé ; il n'affirme même pas qu'il le sera un jour. Il croit simplement que pareille explication suffit aux besoins actuels, et il espère qu'il en sera toujours ainsi dans l'avenir. « Le néo-mécanisme emploie donc des éléments figurés empruntés à la représentation du mouvement, qui est l'intuition quantitative du changement, et se relie ainsi à la mécanique, qui a pour objet essentiel le mouvement ». « En partant du mouvement et des notions qu'il suggère, en les compliquant convenablement, on doit arriver, dit M. Rey, à représenter l'objet de la physique dans sa totalité. Continuité des phénomènes physiques et des phénomènes mécaniques, et par suite, entière représentabilité des phénomènes physiques à l'aide du mouvement, cinétisme dans toute l'ampleur étymologique du mot, voilà les caractères... de l'esprit de la presque totalité des physiciens et des chimistes contemporains » [2]).

[1]) HENRIQUEZ, *Les concepts fondamentaux de la science*, p. 114. Paris, Alcan, 1913.

[2]) REY, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, pp. 225 et surtout 258. Paris, Alcan, 1907.

5° Le système mécanique nouveau ne regarde comme certaines que les données de l'expérience ; celle-ci, et elle seule, doit nous fournir toutes les connaissances que nous pouvons posséder sur les phénomènes physico-chimiques. Aussi le système professe t-il à l'égard de l'expérience une subordination complète, même dans ses parties les plus conjecturales. Une systématisation n'est valable que si elle est le résultat de l'expérience, si elle provient des rapports manifestés par l'expérience. Elle reste hypothétique si les rapports sont simplement conjecturés, non encore vérifiés expérimentalement.

Ajoutons enfin, qu'à l'heure présente, le néo-mécanisme tend à prendre la forme que l'on désigne sous le nom de *théorie électronique.* L'atome matériel devient, pour lui un système d'électrons ou de charges positives et négatives ; les forces moléculaires ou atomiques, les différentes modalités de l'énergie, telles la lumière, la chaleur, l'électricité, sont toutes considérées comme les manifestations du mouvement des électrons.

En résumé, le néo-mécanisme se présente généralement comme une interprétation mécanique de la théorie électronique [1]).

129. Différences entre le néo-mécanisme et le mécanisme traditionnel. — 1° Le mécanisme traditionnel était un système métaphysique et physique à la fois. Il se prononçait avec autant d'assurance, sur la nature intime de la substance et des propriétés, que sur les lois expérimentales qui règlent les évolutions de la matière.

[1]) Pour rester d'accord avec la théorie physique nouvelle, le néo-mécanisme a dû compléter les principes de la mécanique classique par ceux de l'électro-magnétisme : « Conséquence remarquable, dit M. Rey ; la notion de la conservation de la masse (ou la quantité de matière) qui, avec l'inertie, était à la base de la mécanique, ne semble plus pouvoir être conservée dans la mécanique électro-magnétique. » *La physique moderne,* p. 161. Paris, Flammarion, 1911.

Le néo-mécanisme ignore la substance et tout ce qui ne peut être objet d'expérience. « Il exclut toute tendance métaphysique et ontologique qui prétendrait dépasser les apparences sensibles »[1]).

2° Le mécanisme ancien accordait une valeur réelle, ontologique aux théories physiques, aux hypothèses, aux mécanismes par lesquels il se représentait la nature.

Le néo-mécanisme distingue la physique expérimentale de la théorie. Il ajoute foi aux résultats de la première : les faits, les rapports et les lois manifestés par l'expérience sont autant d'acquits à la science. Mais la théorie et les hypothèses n'ont point, pour lui, pareil crédit. Il faut sans doute qu'elles soient suggérées par l'expérience, en accord avec elle, mais elles peuvent avoir un caractère provisoire, n'être même que des moyens de recherche, destinés à disparaître le jour où elles viendront se heurter aux données expérimentales. L'hypothèse provisoire a même une large place dans le système nouveau.

3° Le mécanisme traditionnel prétendait nous faire connaître l'ordre de causalité réelle qui relie les phénomènes entre eux ; il regardait la cause, la force, comme une entité réelle, plus ou moins mystérieuse, nécessaire pour l'explication des faits. La théorie nouvelle se contente de décrire l'ordre de succession ou de concomitance que nous révèle l'expérience phénoménale. Elle ne voit partout, dans le domaine de la causalité, que des liaisons rattachant les unes aux autres les sensations objectivement considérées.

4° Le mécanisme, sous sa forme ancienne, considérait les principes de la mécanique sur lesquels il s'appuyait comme

[1]) Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, p. 44. Paris, Alcan, 1907. — *La philosophie moderne*, p. 171. Paris, Flammarion, 191:.

des vérités intangibles, irréformables ; le principe de l'égalité d'action et de réaction, l'invariabilité de la masse, etc... n'étaient plus, croyait-il, susceptibles de retouches. La systématisation des phénomènes lui paraissait aussi définitive, et la nature entière devait si bien se plier à ses exigences et s'adapter à ses cadres, qu'il eût été possible de la refaire avec les éléments connus.

Le mécanisme rajeuni, au contraire, professe qu'il est impossible de construire actuellement une théorie physique définitive ; beaucoup de travaux actuels ne peuvent être que des travaux d'approche, à cause des nombreuses inconnues dont l'existence se laisse aisément soupçonner. La science, en un mot, évolue rapidement, et les découvertes qui se font chaque jour commandent, à ce sujet, une grande réserve [1]).

130. Qu'y a-t-il de commun entre les deux systèmes ? — L'un et l'autre peuvent se définir : « la théorie qui considère les phénomènes comme adéquatement représentables par des mouvements, par des mécanismes ». C'est pourquoi l'on a dit avec raison : « Pour être mécaniste, il faut et il suffit que le point de départ soit pris dans des mouvements réels et que le terme d'arrivée soit aussi dans le mouvement » [2]) Pour les deux systèmes, les sciences physico-chimiques doivent être continues avec la mécanique et se fonder sur la représentation du mouvement qui est l'objet de la mécanique.

Sauf les différences que nous avons signalées plus haut, les deux théories nous offrent donc la même conception unitaire du monde phénoménal, la même réduction de tous les phénomènes au mouvement local, la substitution complète du quantitatif au qualitatif.

Au point de vue philosophique, tel est le caractère fondamental commun aux deux formes du mécanisme.

[1]) P. Delbet, *La science et la réalité*, p. 333. Paris, Flammarion, 1913.
[2]) Rey, *La théorie de la physique*, p. 291. Paris, Alcan, 1907.

131. Origine de ce système. — Cette défiance du néo-mécanisme à l'égard de toute donnée métaphysique, ou plutôt cette exclusion du domaine de la physique de toute réalité qui ne soit pas purement expérimentale, est, sans aucun doute, le résultat de certaines doctrines philosophiques sur la valeur de l'intelligence humaine. La philosophie kantienne qui soustrait le noumène ou la substance aux prises de l'entendement, le positivisme qui déclare inconnaissable tout ce qui dépasse l'expérience sensible, le pragmatisme pour qui la métaphysique elle-même n'est que la science de la synthèse finale de toutes les données de notre expérience[1]), toutes ces doctrines se sont infiltrées plus ou moins lentement dans les sciences physiques et y ont déterminé ce phénoménalisme et ce relativisme qui les caractérisent actuellement.

« Tous les savants, à l'heure actuelle, se méfient de la métaphysique, dit Delbet, et comme la métaphysique vit d'abstraction, quelques-uns sont conduits à se défier de toutes les abstractions » [2]).

Une autre cause, signalée par M. Rey, est la conquête du domaine de la physique par les mathématiques [3]). « La physique mathématique, écrit M. Cassirer, se détourne de l'essence des choses et de leur intérieur substantiel, pour se tourner vers leur ordre et leur liaison numériques, ainsi que vers leur structure fonctionnelle et mathématique » [4]).

Le véritable bouleversement qu'ont subi la plupart des principes de la mécanique classique devait aussi, de son côté, provoquer une puissante réaction contre le dogmatisme de l'ancien mécanisme et diminuer la confiance absolue qu'on lui accordait.

Par contre, plusieurs causes importantes tendaient à accréditer la conception unitaire du monde matériel, fondée sur le mouvement local. Citons entre autres : le succès toujours

[1]) Schiller, *Etudes sur l'humanisme*, p. 22. Paris, Alcan, 1909.

[2]) P. Delbet, *La science et la réalité*, p. 275. Paris, Flammarion, 1913.

[3]) Rey, *La théorie de la physique*, pp. 228 et suiv. Paris, Alcan, 1907.

[4]) E. Cassirer, *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neuern Zeit*, vol. II, p. 530. Berlin, 1906-1907.

croissant de la théorie électronique, qui est d'inspiration mécanique ; la fécondité de la théorie cinétique dans l'interprétation d'un très grand nombre de phénomènes physico-chimiques, et notamment du mouvement brownien ; enfin, la tendance à l'unité si naturelle aux sciences physiques.

C'est du balancement de ces influences diverses qu'est née, croyons-nous, la théorie nouvelle.

132. **Partisans de ce système.** — A en croire M. Rey, le néo-mécanisme serait la théorie préférée de la généralité des physiciens et des chimistes modernes.

Pareille généralisation nous paraît exagérée. Certes, les énergétistes, tels Duhem, Mach, Ostwald, en sont les adversaires déclarés. Ostwald, il est vrai, s'est réconcilié avec l'atomisme après que les expériences de Perrin eurent révélé des relations insoupçonnées, entre les conceptions moléculaires et le mouvement brownien. Mais il ne cessa cependant de combattre le néo mécanisme.

D'autres, tels Poincaré et son école, n'utilisent les éléments figurés du néo-mécanisme qu'à titre secondaire.

Nombreux sont aussi les physiciens qui emploient concurremment la théorie mécanique et la théorie énergétique. Ils partent des équations générales de la mécanique, ou des équations générales de la thermodynamique, selon que le procédé ainsi employé paraît plus simple ou plus fécond. Tel est également le cas pour les chimistes van t' Hoff, van der Waals et Nernst.

« Un grand nombre de chercheurs, écrit L. Poincaré, se montrent d'ailleurs, pour leur propre compte, parfaitement éclectiques ; ils adoptent, suivant leurs besoins, telle ou telle manière d'envisager la nature, et ils n'hésitent pas à utiliser des images très diverses lorsqu'elles leur paraissent utiles et commodes » [1]).

[1]) L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 20. Paris, Flammarion, 1909.

On ne peut nier cependant que la théorie nouvelle est la théorie actuellement dominante dans les sciences physico-chimiques.

Citons parmi ses principaux représentants : Perrin [1]), Langevin [2]), Bouty [3]), Hertz [4]), Kirchhoff [5]), Helmholtz [6]), Maxwell [7]), Lord Kelvin [8]), Lorentz [9]), Picard [10]), E. Rey [11]), Boltzmann [12]), etc.

1) PERRIN, *Traité de chimie physique. Les principes.* Paris, Gauthier-Villars, 1903. — *Les atomes.* Paris, Alcan, 1914. — *Les preuves de la réalité moléculaire (Les idées modernes sur la constitution de la matière).* Paris, Alcan, 1913.

2) LANGEVIN, *La dynamique électromagnétique (Les idées modernes).* Paris, Alcan, 1913. — *Les grains d'électricité (Les idées modernes).* Paris, Alcan, 1913. — *L'évolution de l'espace et du temps (Revue de Métaphysique et de Morale,* juillet 1911). — *La théorie du rayonnement et les quanta.* Paris, Gauthier-Villars, 1912, etc.

3) BOUTY, *La vérité scientifique.* Paris, Flammarion, 1908.

4) HERTZ, *Gesammelte Werke,* vol. I. Leipzig, 1895.— Dans ses *Principes de mécanique,* l'auteur cherche à ramener toutes les forces matérielles à l'inertie des masses en mouvement.

5) KIRCHHOFF, *Ueber das Ziel der Naturwissenschaften* (traduction française), pp. 9 et 23 à 30.

6) HELMHOLTZ, *Populärwissenschaftliche Vorlesungen,* vol. I, pp. 92 et suiv.

7) MAXWELL, *La théorie de la chaleur,* 1 et 2 vol. 1891. « Quand nous avons acquis la notion de la matière en mouvement... nous sommes incapables d'aller plus loin et de concevoir qu'une addition quelconque, possible à nos connaissances, puisse expliquer l'énergie du mouvement », p. 386.

8) LORD KELVIN (THOMSON), *Conférences scientifiques* (traduction française), p. 142. « La théorie cinétique des gaz, dit-il, bien connue aujourd'hui, constitue un si grand pas dans la voie qui conduit à expliquer par le mouvement des propriétés en apparence statiques de la matière, qu'on peut difficilement s'empêcher de pressentir la création d'une théorie complète de la matière, dans laquelle toutes ses propriétés apparaîtront comme de simples attributs du mouvement. »

9) LORENTZ, *Mémoire à l'Académie d'Amsterdam,* avril 1910. — *La gravitation (Scientia,* avril 1914, vol. XVI, n. 36). — *Beginselen der Natuurkunde,* 2 vol. Leide, Brill, 1906, etc.

10) PICARD, *La science moderne et son état actuel.* Paris, Flammarion, 1911.

11) REY, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains.* Paris, Alcan, 1907. — *L'énergétique et le mécanisme.* Paris, Alcan, 1908. — *La philosophie moderne.* Paris, Flammarion, 1911.

12) BOLTZMANN, *Leçons sur la théorie des gaz,* IIe partie. Paris, 1905.

ARTICLE II

Critique de ce système

133. En quel sens est-il admissible ? — Ce système peut être envisagé sous des angles divers.

Nombreux sont les physiciens qui ne veulent voir dans la théorie nouvelle, qu'une méthode de classification, un moyen simple et naturel de mettre de l'ordre dans les données expérimentales, de mesurer les phénomènes, de systématiser les lois qui président à leur succession et à leurs changements, de prévoir et de découvrir des phénomènes et des lois nouvelles. L'explication mécanique, les modèles mécaniques ne sont pour eux que des images utiles et fécondes, sans relation nécessaire avec la réalité, qu'ils n'ont d'ailleurs nullement la prétention d'atteindre [1]).

Ils n'accordent aucune place aux considérations ou aux recherches d'ordre métaphysique, mais s'ils manifestent à cet égard une complète indifférence, ils ne nient point qu'au delà du domaine physique, il puisse y avoir bien d'autres réalités dont la métaphysique a le droit de s'occuper. En un mot, la vraie réalité *physique,* ce sont les relations objectives que l'expérience, aidée de la théorie, a découvertes et établies entre les phénomènes observés.

Considéré sous cet aspect, le néo-mécanisme nous paraît absolument irréprochable. Les physiciens et les chimistes ont le droit de choisir les méthodes qui leur semblent les plus favorables pour organiser et accroître le contenu de la science. Pareilles méthodes, qui s'appellent théories ou hypothèses,

[1]) Picard, *La science moderne et son état actuel,* p. 128. Paris, Flammarion, 1911.

n'étant que des instruments de découverte, d'exposition ou de systématisation, échappent à toute critique philosophique. Le physicien peut les juger d'après les services qu'elles rendent; le philosophe n'a même pas compétence pour déclarer si elles sont conformes ou non à la réalité, puisqu'elles n'ont pas la prétention de l'exprimer.

134. Conséquences philosophiques naturelles de ce système. Première conséquence : exclusion réelle de la qualité du monde physique. — Mais cette sage réserve est-elle toujours bien gardée par les partisans du néo-mécanisme ?

D'abord, tous en conviendront, il est bien difficile de ne point céder aux suggestions de la méthode néo-mécaniste. Comme le dit H. Poincaré à propos du choix des théories physiques : « L'homme ne se résigne pas si aisément à ignorer éternellement le fond des choses »[1]). A se représenter tous les phénomènes sous l'aspect du mouvement local, à les réduire tous à cette unité fondamentale, à bannir partout et toujours de l'explication physique l'élément qualitatif au profit exclusif de l'élément quantitatif, on arrive, par une pente bien naturelle et facile, à identifier le phénomène avec son image, la réalité avec l'aspect particulier sous lequel on s'est plu à la considérer.

Sans doute, on peut affirmer avec Picard « que pour plusieurs physiciens, les équations de la physique sont des relations quantitatives entre des grandeurs, dont on ne dit pas si elles sont ou non qualitativement irréductibles »[2]). Il reste vrai, que la tentation de croire au fait d'une réduction totale des phénomènes au mouvement, devient presque irrésistible pour qui cherche à la réaliser, ne fût-ce que théoriquement. De là, à réduire la nature phénoménale tout entière à l'unique

[1]) H. Poincaré, *La science et l'hypothèse,* p. 258. Paris, Flammarion.
[2]) Picard, *La science moderne et son état actuel,* p. 133.

mouvement local, et par suite à en proclamer l'homogénéité complète, il n'y a qu'un pas. Et ce pas semble avoir été plus d'une fois franchi.

Que de fois les partisans les plus décidés du système n'ont-ils pas déclaré, que les données de l'expérience sensible sont adéquatement représentables par des mouvements, que l'expérience est la source unique de nos connaissances certaines sur la matière ? Quelle place reste-t-il dans pareil système pour l'élément qualitatif ?

M. Rey, l'apôtre du néo-mécanisme, n'affirme-t-il pas que « tout se passe comme si les (phénomènes) étaient et n'étaient au fond que des grandeurs homogènes, réductibles et mesurables »[1]) ? « Ce qui caractérise le mécanisme, dit-il encore, c'est qu'il admet l'homogénéité non seulement des phénomènes physico-chimiques, mais à la fois des phénomènes physico-chimiques et des phénomènes mécaniques. La nature est un système. L'homogénéité de la matière n'est, pour lui, ni un postulat, ni un principe. Mais on y arrive peu à peu, on est forcé de la conclure, à mesure que la réussite de la méthode y contraint »[2]).

Enfin, pour M. Rey, « la nature de la matière n'est plus un problème métaphysique, parce qu'elle devient un problème d'ordre expérimental et positif. Certes ce problème n'est pas scientifiquement résolu... ce n'est pas la métaphysique, c'est la science qui le résoudra »[3]).

D'évidence, pareilles assertions nous ramènent au dogme fondamental du mécanisme traditionnel : les propriétés de la matière *ne sont* que du mouvement local. Que cette homogénéité s'impose comme résultat de la réussite de la méthode, ou qu'elle soit posée en principe, du point de vue philosophique, la doctrine est la même.

[1]) Rey, *La théorie de la physique*, p. 265. Paris, Alcan, 1907.

[2]) Id., *Ibid.*, pp. 262-265.

[3]) Id., *La philosophie moderne*, p. 170. Paris, Flammarion, 1911.

135. **Deuxième conséquence : homogénéisation de la matière.** — On dira peut-être : admettons que le néo-mécanisme aboutisse à la conception réelle et unitaire des phénomènes naturels ; n'y aura-t-il pas toujours, entre le phénoménisme du nouveau mécanisme et le substantialisme de l'ancien, une différence profonde, radicale ? Ce que le mécanisme entend par matière, n'est-ce pas uniquement la synthèse des relations les plus générales découvertes par l'expérience ?

En théorie, assurément. En fait, la différence est peut-être beaucoup moins grande qu'elle le paraît.

D'abord, ne serait-il pas illogique de croire à l'homogénéité réelle des phénomènes et de ne pas souscrire du même coup à l'unité essentielle de la matière ?

Si toutes les propriétés ne sont au fond que du mouvement local, pourquoi donc des quantités différentes de mouvement requerraient-elles des substances spécifiquement distinctes ? L'homogénéité des propriétés, réduites au mouvement, n'entraîne-t-elle pas forcément l'homogénéité du support ?

Le physicien peut bien faire abstraction de cette conséquence qui nous ramène, elle aussi, au second dogme du mécanisme cartésien ; le cosmologue, au contraire, est tenu de la relever et de l'admettre s'il adopte la conception des phénomènes préconisée par le néo-mécanisme.

En second lieu, le phénoménalisme scientifique n'est-il pas bien souvent, et cela en dépit des principes du système, un vrai phénoménalisme philosophique ? En d'autres termes, si l'on a exclu du domaine de la physique toute réalité qui n'est pas perceptible par les sens, n'est-ce pas en partie parce que l'on ne croit plus à l'existence de la substance ?

Loin de nous la pensée de généraliser cet état d'esprit. Mais est-il téméraire de l'attribuer à un certain nombre de physiciens modernes ?

En fait, pour plusieurs, la substance est une chimère, un mot vide de sens, une entité inutile.

Cette mentalité n'a rien d'étonnant, puisque la critique des théories physiques a coïncidé avec la critique de la connaissance. Il suffit, d'ailleurs, de parcourir la littérature scientifique pour y découvrir de fréquentes infiltrations du kantisme, du positivisme et du pragmatisme.

Or, pour les antisubstantialistes, il ne reste qu'une attitude possible : douer d'existence indépendante les phénomènes ou leur enchaînement, c'est-à-dire accorder à la réalité phénoménale les attributs de la substance elle-même [1]), car toute réalité doit avoir en elle les conditions requises d'existence ou les emprunter à un autre. Dans ce cas, le nouveau mécanisme, considéré philosophiquement, vient rejoindre l'ancien ; tous les deux proclament l'homogénéité substantielle et phénoménale de la matière. La seule différence, qui est d'ailleurs nulle au point de vue cosmologique, consisterait en ce que le néo-mécanisme fusionne la matière et ses propriétés en une seule réalité homogène, tandis que l'ancien admettait généralement une distinction entre le substrat matériel et son mouvement.

136. Troisième conséquence : exclusion de la vraie causalité. — L'attitude des néo-mécanistes à l'égard de la causalité se prête à des considérations analogues. Dans tout le domaine de la physique nouvelle, la causalité devient une fonction, ou une relation entre un antécédent et un con-

[1]) Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains.* Paris, Alcan, 1907. — Cfr. *La philosophie moderne,* p. 152. Paris, Flammarion, 1912. « Il n'y a pas à se demander, dit-il, s'ils (les éléments ou objets de nos sensations) pourraient être autres qu'ils ne soint. Le prétendre, c'est restaurer la vieille idole métaphysique de la chose en soi, au fond, le verbalisme oiseux sous une forme ou sous une autre. L'expérience doit s'accepter. Elle est à elle-même sa justification, puisque c'est elle qui, pour un esprit positif, dans le domaine scientifique, est la justification de toute proposition. » Et plus loin, p. 154, il ajoute : « le fond des choses, ce à quoi l'analyse est nécessairement amenée pour les expliquer, ce sont les relations, ou mieux le système des relations dont dépendent nos sensations. »

séquent. La qualité productrice, la cause efficiente est impitoyablement bannie des recherches physiques [1]).

Simple procédé abstractif, dit-on. Soit, mais ici le procédé abstractif n'a-t-il pas une tendance à se transformer en procédé exclusif ?

Lorsque l'intelligence s'est habituée à ne voir dans tout enchaînement de phénomènes que l'ordre de succession, lorsqu'elle néglige systématiquement le rapport de cause à effet qui est, en réalité, la raison explicative de la succession, elle est bien exposée à méconnaître l'existence même de la causalité. L'exclusivisme est facile et, en fait, il compte des partisans. « Affirmer qu'une chose est la cause d'une autre, ne peut avoir de sens, dit Enriquès, que s'il s'agit de reconnaître le lien de succession invariable entre deux phénomènes, déjà définis comme tels à l'aide de sensations » [2]). Telle est aussi la pensée de Delbet [3]).

Au surplus, dans l'hypothèse où l'on accorderait encore droit de cité à la causalité efficiente, il faudrait bien la placer dans l'élément fondamental de tous les phénomènes, savoir le mouvement, puisque la nature matérielle est censée ne contenir aucun principe qualitatif. Ainsi se révélerait un nouveau lien de parenté entre le mécanisme ancien et nouveau.

137. **Conclusion**. — En résumé, le nouveau mécanisme

[1]) Rey, *Les idées directrices de la mécanique rationnelle (Revue philosophique*, avril 1912, p. 354). — *La philosophie moderne*, pp. 150-151. Paris, Flammarion, 1911 : « Cette notion de cause, dit-il, n'a d'ailleurs rien de transcendant ni de mystérieux ; elle ne signifie pas que la cause engendre l'effet, comme le croit le vulgaire, et d'une façon plus obscure, la métaphysique. Elle signifie simplement que, parmi nos sensations, la variation, l'apparition, la disparition des unes est liée à la variation, à la disparition des autres ; les unes sont fonction des autres, si bien qu'on peut rendre raison de la production des premières en faisant appel aux secondes. »

[2]) Enriquès, *Les concepts fondamentaux de la science*, p. 114. Paris, Flammarion, 1913.

[3]) Delbet, *La science et la réalité*, p. 314. Paris, Flammarion, 1913.

peut, s'il reste fidèle à son programme, se mettre à l'abri de toute critique philosophique.

Mais sa méthode de réduction de tous les phénomènes au mouvement local, son indifférence complète à l'égard de toute causalité, de toute réalité qui ne soit point contenue dans le champ de la perception sensible, l'exposent à un retour déguisé, mais réel, aux dogmes philosophiques fondamentaux du mécanisme traditionnel.

LIVRE III

L'atomisme dynamique

138. Exposé du système. — Les idées-mères de ce système se ramènent aux trois propositions suivantes :

1° La matière est essentiellement homogène.

2° Des forces *exclusivement mécaniques* suffisent à rendre compte de tous les phénomènes dont le monde est le théâtre [1]).

3° Dans toutes les phases de leur évolution, les atomes intransformables conservent toujours leur être propre.

La première et la troisième proposition sont empruntées au mécanisme traditionnel et constituent le fond commun de ces deux théories. La seconde, qui substitue des énergies mécaniques au mouvement local, caractérise l'atomisme dynamique [2]).

[1]) Notons cependant que plusieurs auteurs admettent une connexion nécessaire, indissoluble entre l'être et ses énergies. Cette divergence de vues est d'ailleurs sans importance, comme nous le montrerons bientôt.

[2]) Pour éviter toute équivoque, signalons ici une acception nouvelle du terme « mouvement », acception très différente de celle que lui avaient donnée Aristote et les philosophes du moyen âge.

Pour plusieurs savants modernes, le mouvement n'est plus l'acte ou la détermination d'un être en puissance en tant que tel, ou l'acheminement

Généralement d'accord sur ces données principielles, les auteurs se divisent quand il s'agit de déterminer la nature et le nombre des forces mises en jeu par la matière.

Les uns les partagent en trois catégories : 1° Les *forces attractives* et *répulsives ;* elles agissent à distance et tendent sans relâche à produire le mouvement. — 2° La *force d'impulsion* dont la spécialité est de communiquer le mouvement par le choc ou la pression. — 3° La *force d'inertie* qui main-

d'un corps vers sa perfection ; c'est la perfection même du corps, la source de son activité. Le changement de lieu, par exemple, ne constitue pas le mouvement lui-même, mais il accompagne le mouvement, il en est le résultat, le signe et la manifestation sensible. La raison en est que, sous le nom de « mouvement », ces auteurs entendent non seulement le déplacement local ou le mouvement proprement dit, mais l'énergie même du mobile, sa force ou son principe d'action. A parler rigoureusement, il faudrait donc distinguer deux sortes de mouvement : le *mouvement-force* et le *mouvement-changement.* Cfr. Dr Hallez, *L'analyse métaphysique du mouvement (Revue néo-scolastique,* avril 1895, pp. 130 et suiv.).

Nous regrettons de ne pouvoir partager l'enthousiasme de M. Hallez pour cette interprétation nouvelle. A notre sens, l'accouplement « mouvement-force » sonne mal, surtout lorsqu'on l'oppose au mouvement-changement. Que peut être un mouvement qui n'implique pas un changement ? Quelle nécessité y a-t-il de désigner par un même terme deux éléments essentiellement distincts comme le sont la force et le déplacement local ? La terminologie aristotélicienne n'a rien à gagner à ces innovations.

Quoi qu'il en soit, il est utile de ne point perdre de vue ce nouveau courant d'idées, si l'on veut se faire une conception exacte des systèmes cosmologiques modernes. Faute de le connaître, on risquerait de ranger parmi les partisans du mécanisme pur, tous les auteurs qui rapportent au mouvement, comme à leur cause réelle, la totalité des phénomènes cosmiques. En fait, c'est à l'atomisme dynamique que souscrivent les physiciens dont il est ici question.

Enfin notons encore une autre acception mentionnée par P. Duhem.

« Dans la mécanique nouvelle, dit-il, le mot *mouvement* a un sens beaucoup plus étendu que dans l'ancienne mécanique ; il ne désigne pas seulement le *mouvement local* qui, aux divers instants de la durée, fait occuper à un même corps des positions différentes ; il désigne encore tout changement de propriétés physiques et chimiques accompli dans le temps.

» Il en résulte qu'au sens nouveau du mot *mouvement,* un système peut être en mouvement bien que ses diverses parties occupent dans l'espace des positions invariables. Prenons, par exemple, un récipient de verre parfaite-

tient les corps dans leur état de repos ou de mouvement en ligne droite [1]).

D'autres n'accordent à la matière qu'une seule force essentielle, primordiale, la *pesanteur*. Cette opinion attribuée à Épicure, reprise plus tard par Gassendi, jouit des sympathies de plusieurs physiciens modernes, désabusés du mécanisme pur [2]). C'est en effet le résultat auquel doit naturellement aboutir la tentative de réduire toutes les énergies corporelles à des modalités de la force gravifique.

Il en est pour qui la *force de résistance* « essentiellement inhérente à la matière », constitue la seule énergie vraiment irréductible [3]).

Enfin, certains hommes de science donnent leurs préférences à la théorie dualiste des *forces attractives* et *répulsives* [4]).

ment clos, rempli d'hydrogène et de chlore et exposons-le à une lumière très peu intense; dans le système, aucun déplacement ne se manifestera; chaque volume élémentaire découpé dans l'espace contiendra à tout instant la même matière; et cependant les propriétés de cette matière changeront d'un instant à l'autre; l'hydrogène et le chlore se combineront et leur mélange se transformera peu à peu en acide chlorhydrique; le *mouvement chimique* dont le système va être le siège ne sera accompagné d'aucun mouvement local. » Cfr. *De la statistique et de la dynamique (Revue des Questions scientifiques*, t. 50, p. 137 ; 1901).

[1]) H. Martin, *Philosophie spiritualiste de la nature*, t II, c. 20, p. 87.

[2]) Cfr. Jahr, *Urkraft oder Gravitation*. « Licht, Wärme, Magnetismus, Elektricität, chemische Kraft, etc. sind sekundäre Erscheinungen der Urkraft der Welt. » Berlin, Enslin, 1899. — Boucher, *Essai sur l'hyperespace*, p. 123. Paris, Alcan, 1905. « La pesanteur à la surface de la terre et la gravitation des astres, dit-il, sont deux formes de l'attraction universelle, dont l'affinité chimique, ou attraction entre les molécules, semble bien aussi dérivée. La lumière, la chaleur et l'électricité sont aussi des manifestations analogues d'une même force. »

[3]) P. Tongiorgi, *Cosmologia*, lib. I, c. III, a. 2.

[4]) Newton semble avoir professé un certain mécanisme dynamique. Il admettait les forces d'impénétrabilité et de résistance, en même temps que les notions de masse et de mouvement, mais il paraît douteux qu'il ait accordé un sens métaphysique à la notion de force. Cfr. Newton, *Optices*,

139. Examen de l'atomisme dynamique. Premier principe : l'homogénéité de la matière. —

Première critique. — Le grand fait qui domine l'ordre cosmique est le double finalisme d'organisation et de destination qu'on rencontre à chaque pas dans les œuvres de la nature. Chaque corps est le sujet d'une tendance immanente en vertu de laquelle il maintient l'intégrité de son être et poursuit d'après des lois invariables ses destinées naturelles. C'est pour avoir méconnu ce principe fondamental, clairement manifesté par les harmonies de l'univers et la constante récurrence des mêmes espèces [1]), que le mécanisme se heurta à d'insurmontables difficultés dans le domaine de la chimie, de la physique, de la cristallographie.

Or, en reprenant pour son compte la thèse de l'homogénéité de la matière, l'atomisme dynamique supprime toute finalité interne, ou du moins, il ne peut la maintenir sans la dépouiller de ses caractères distinctifs.

Il n'y a pas de place, en effet, pour des tendances électives dans une matière partout identique [2]). Fussent-ils doués d'inclinations foncières, des corps de même nature ont, de toute nécessité, la même orientation vers des fins absolument semblables.

L. 3, Q. 31 ; — *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, déf. 8. Cfr. aussi Laminne, *Les quatre éléments, le feu, l'air, l'eau, la terre*, p. 179 et passim. Bruxelles, Hayez, 1904.

[1]) Cfr. chap. II : Examen du mécanisme traditionnel, § 5, pp. 140 et suiv.

[2]) Nous ne nions pas qu'une matière homogène, placée dans des circonstances physiques suffisamment diversifiées, puisse donner naissance à des natures diverses. Cette hypothèse nous paraît même très probable, pourvu qu'elle attribue aux êtres homogènes primitifs une nature véritable, c'est-à-dire un principe foncier de détermination et d'orientation. Mais nous croyons, au contraire, qu'une matière partout identique est inconciliable avec les caractères scientifiques de l'ordre cosmique, tel qu'il se présente à l'heure actuelle.

D'ailleurs, cette question sera discutée bientôt à propos des arguments invoqués par le mécanisme en faveur de l'homogénéité de la matière.

Or, c'est justement sur la diversité des tendances internes que repose la diversité des propriétés, le caractère différentiel des activités des êtres, en un mot l'ordre cosmique.

Sans doute, la plupart des partisans de ce système ne refusent pas aux corps des forces inhérentes, même essentielles. Mais qu'importe ce lien nécessaire établi entre la substance et certaines de ses propriétés ? Ne faut-il pas attribuer à tous les êtres du monde inorganique un même principe foncier de finalité, les mêmes aptitudes naturelles, si, comme le veut l'hypothèse, la nature corporelle est universellement homogène ?

Deuxième critique. — Le mécanisme mitigé conduit à une autre conséquence non moins grave.

Les atomes, dit-il, sont indestructibles, ou plutôt intransformables ; les combinaisons chimiques, n'en altérant jamais que la surface sauvegardent leur être individuel.

Cela revient à dire que l'unité essentielle est l'apanage exclusif des masses atomiques, qu'en dehors des infiniment petits tout est agrégat.

Les composés inorganiques, le végétal, l'animal, l'homme lui-même sont donc de vraies colonies d'atomes ou d'individualités enchaînées par des forces mécaniques. Quelle que soit en effet la nature du principe qui les tient agglomérés, les atomes intransformables doivent conserver leur être propre à travers leurs multiples figurations [1]).

Or, la science biologique aussi bien que la métaphysique condamnent pareilles conclusions.

140. Second principe de l'atomisme dynamique : toutes les forces corporelles sont exclusivement mécaniques. — Nous aurons plus tard l'occasion, au cours

[1]) Nous parlerons, dans l'examen de la théorie scolastique, d'une nouvelle hypothèse qui tend à concilier la persistance des masses atomiques avec l'unité des êtres vivants.

de l'exposé de la théorie thomiste, de faire la part de vérité et d'erreur que contient cette formule. Qu'il nous suffise de rappeler la doctrine dont nous donnerons plus loin la démonstration.

Bien que toutes les forces corporelles s'accompagnent toujours de mouvement local et méritent de ce chef le nom de forces mécaniques, plusieurs d'entre elles ont en outre un mode spécifique d'action. Telles sont les énergies physiques : la lumière, l'électricité, la chaleur, le son. Destinées à produire avant tout ces qualités différentielles que nous nommons état thermique, couleur, etc., états manifestement irréductibles à un simple déplacement de la matière, elles se distinguent essentiellement des forces mécaniques ordinaires dont l'effet propre est le mouvement local.

M. Boutroux fait à ce sujet une remarque pleine d'à-propos : « La sensation de chaleur, dit-il, est radicalement hétérogène par rapport à la sensation du son. Puisque cette hétérogénéité ne peut trouver son explication dans la nature de la conscience, il reste qu'elle ait sa racine dans la nature des choses elles-mêmes et que la matière ait la propriété de revêtir des formes irréductibles entre elles. Or, l'hétérogénéité est étrangère à l'essence de l'étendue figurée et mobile, c'est-à-dire de la matière proprement dite. Le mouvement vibratoire lui-même ne peut être dit hétérogène à l'égard du mouvement de translation. Ce sont simplement grandeurs, directions, intensités, modes divers d'un même phénomène... La matière ébranlée semble n'être dans les objets sensibles que le véhicule de propriétés supérieures, lesquelles sont les propriétés physiques proprement dites » [1]).

[1]) Boutroux, *De la contingence des lois de la nature*, 2e éd., p. 64. Paris, Alcan, 1895.

« Quant à croire, écrit M. Dunan, que les mouvements de la matière cosmique puissent, en agissant sur un sujet sensible, déterminer dans ce sujet des impressions telles que le son ou la couleur, c'est une supposition

D'ailleurs, la spécificité des organes des sens destinés à nous faire connaître les forces physico chimiques, demeure un fait inexplicable pour qui n'admet pas la spécificité de ces forces.

Les sciences naturelles, il est vrai, ne peuvent traduire en formules l'aspect qualitatif des phénomènes physiques ; elles se bornent à en exprimer l'intensité par la mesure d'un phénomène concomitant plus accessible à l'analyse, le mouvement local. Ce n'est point un motif pour en nier l'existence.

Au surplus, des physiciens d'une incontestable valeur ne craignent pas d'affirmer qu'à l'heure présente, aucun fait ne justifie la réduction de toutes les énergies matérielles à des forces purement mécaniques, et que les équations mathématiques ne nous représentent point l'être intégral des qualités corporelles [1]).

énorme, contre laquelle la raison philosophique protestera toujours. » Cfr. *La perception des corps (Revue philosophique,* t. LIII, 1902, p. 571).

En somme, cette doctrine est la traduction de la pensée thomiste.

« Potentia, écrit saint Thomas, secundum illud quod est potentia, ordinatur ad actum. Unde oportet rationem potentiae accipi ex actu ad quem ordinatur, et per consequens oportet quod ratio potentiae diversificetur ut diversificatur ratio actus. Ratio autem actus diversificatur secundum diversam rationem objecti, omnis enim actio vel est potentiae activae vel passivae. Objectum autem comparatur ad actum potentiae passivae sicut principium et causa movens ; color enim, inquantum movet visum, est principium visionis. Ad actum autem potentiae activae comparatur objectum ut terminus et finis, sicut augmentativae virtutis objectum est quantum perfectum, quod est finis augmenti. Ex his autem duobus actio speciem recipit scilicet ex principio, vel ex fine, seu termino. Unde necesse est quod potentiae diversificentur secundum actus et objecta... Non quaecumque diversitas objectorum diversificat potentias, sed differentia ejus ad quod per se potentia respicit ; sicut sensus per se respicit passibilem qualitatem, quae per se dividitur in colorem, sonum et ejusmodi ». Cfr. *Summ. Theol.,* p. I, q. 77, a. 3.

[1]) Cfr. Duhem, *Sur quelques extensions récentes de la statistique et de la dynamique (Revue des Questions scient.,* t. 50, avril 1901). — *L'évolution de la mécanique :* La physique de la qualité, pp. 197 et suiv. Paris, A. Joannin, 1903. — Vignon, *Notion de la force,* etc. Paris, Société zoologique de France, 1900. — Hirn, *La notion de la force.* — *L'analyse élémentaire de l'univers.* Paris,

141. **Conclusion**. — L'atomisme dynamique s'est arrêté à mi-chemin. A l'encontre du mécanisme pur, il a compris, que dépouiller la matière de tout principe interne d'activité, c'est s'interdire manifestement l'explication des faits et livrer l'univers aux caprices du hasard. Cédant aux exigences de l'ordre, plusieurs même ont demandé à la substance la raison de ses énergies. Conclusion logique, mais incomplète ! Car, en dernière analyse, il n'y a que la *diversité substantielle* qui puisse garantir la constance que l'on observe dans la *diversité accidentelle* des êtres.

Ce système est donc un acheminement vers la théorie scolastique, que nous exposerons plus tard, et doit fatalement y arriver, sous peine de ne donner qu'une solution partielle du problème cosmologique.

Gauthier-Villars. — Ostwald, *L'énergie*, pp. 128 et suiv. Paris, Alcan, 1910, etc.

Cette question sera traitée *ex professo* dans le second volume de cet ouvrage.

LIVRE IV

Arguments invoqués
par le mécanisme traditionnel, le néo-mécanisme et l'atomisme dynamique

ARTICLE PREMIER

Arguments tirés de la physique

§ I

L'équivalent mécanique de la chaleur et la loi de corrélation et d'équivalence des forces de la nature

142. Exposé du fait.—1° L'équivalent mécanique de la chaleur. — Vers le milieu du siècle dernier, la science s'est enrichie d'une conquête importante qui fut, pour l'étude de la nature matérielle, le début d'une ère nouvelle. « Par son titre des plus modestes, écrit M. Hirn, la *théorie mécanique de la chaleur* semble n'être qu'une branche spéciale d'une partie limitée de la physique. En réalité, elle constitue une science tout entière dont toutes les autres sont déjà devenues tributaires » [1]).

[1]) Hirn, *Analyse élémentaire de l'univers,* p. 17. Paris, Gauthier-Villars.

Étroitement liée à la mécanique, comme l'indique d'ailleurs son nom, cette théorie franchit bientôt les frontières du domaine expérimental où elle se montrait si féconde en résultats utiles, s'étendit peu à peu au champ de la philosophie et devint l'une des assises du mécanisme universel.

Pour en donner une juste idée, précisons d'abord le sens de deux expressions : le travail mécanique et la calorie.

La chaleur ne peut être ni jaugée ni pesée. On n'a d'autre moyen de l'évaluer que par ses effets, c'est-à-dire, par l'impression qu'elle exerce sur nos organes sensoriels ou par les variations du volume des masses soumises à son action.

La dilatation régulière du thermomètre indique exactement l'*intensité* de la force calorifique actuellement libre dans un corps donné ; elle en mesure la température, mais elle ne peut exprimer d'une manière immédiate la *quantité* de chaleur présente. D'évidence, cette quantité et ses variations en plus ou en moins dépendent à la fois, et de l'intensité de la chaleur, et de la masse du corps qui subit son influence.

En combinant ces deux éléments, on arrive à une mesure relative tout à fait correcte. C'est ce qu'on fait en physique : on appelle *unité de chaleur* ou *calorie* la quantité de chaleur qu'il faut communiquer à un kilogramme d'eau à 0° pour élever sa température d'un degré du thermomètre centigrade.

La seconde notion à élucider est celle du *travail mécanique*.

Toutes choses égales, la vitesse qu'acquiert une masse matérielle soumise à l'action d'une force, dépend en même temps de l'intensité de cette force et de l'espace que le corps parcourt sous son empire. Le produit de ces deux facteurs, l'espace parcouru et la grandeur de la force, représente donc fidèlement la quantité d'action dépensée ou développée par celle-ci. On donne à ce produit le nom de *travail mécanique*.

Afin de faciliter l'évaluation d'un travail quelconque, on a choisi pour unité de poids ou de force le kilogramme, et pour unité de longueur le mètre ; et l'on appelle *kilogrammètre*, la quantité d'action qu'il faut dépenser pour élever

à un mètre de hauteur, un poids d'un kilogramme, en une seconde de temps [1]).

Apparemment étrangères l'une à l'autre, ces deux unités de mesure, l'unité de chaleur et l'unité de travail mécanique, ont néanmoins entre elles une étroite connexion.

Le frottement, le choc, la percussion, la compression des corps développent du calorique. Par contre, la chaleur produit du travail mécanique : elle dilate les corps, les volatilise, et par là détermine des mouvements plus ou moins intenses. Les machines à vapeur nous en donnent un bel exemple.

Or, toutes les fois que l'action du calorique sur un corps donne naissance à un travail mécanique, il se consomme une quantité de chaleur proportionnelle au travail produit. Réciproquement, toutes les fois qu'un travail mécanique est consommé uniquement en vue de modifier l'état d'équilibre interne d'un corps, il se développe une quantité de chaleur proportionnelle au travail dépensé.

Entre le travail produit ou consommé et la chaleur consommée ou produite, il existe donc un rapport bien déterminé. C'est ce rapport qu'on appelle l'*équivalent mécanique de la chaleur*.

Tel est le principe découvert par Meyer ; telle est la proposition fondamentale sur laquelle repose la théorie dynamique de la chaleur.

Les travaux de ce physicien et notamment ceux de Joule et de Rumford nous ont aussi fourni la mesure de cet équivalent : une calorie, totalement utilisée à produire un effet mécanique, peut soulever 425 kilogrammes à un mètre de hauteur. Réciproquement, une dépense de 425 kilogrammètres peut réaliser un effet thermique équivalent à une calorie.

[1]) Cfr. Hirn, *op. cit.*, p. 20. — Freycinet, *Sur les principes de la mécanique rationnelle*, pp. 20 et suiv. Paris, Gauthier-Villars, 1902.

143. 2° **Extension de la loi de corrélation.** — Cette loi d'équivalence, que nous venons de constater entre les phénomènes thermiques et dynamiques, paraît embrasser toutes les forces de la nature.

Lorsqu'un corps non élastique tombe d'une certaine hauteur sur un plan horizontal résistant, le corps s'échauffe et la chaleur dégagée représente exactement la force vive disparue ; il y a équivalence entre l'action de la *force calorifique* et celle de la *force gravifique*. L'une s'est substituée à l'autre.

Lorsqu'un courant électrique traverse un corps conducteur, il l'échauffe ; et si le même courant passe par un moteur électromagnétique, il peut produire un travail externe, élever un poids à une certaine hauteur.

Dans ce cas, trois forces se remplacent successivement suivant un rapport fixe et déterminé : l'*électricité*, la *chaleur* et la *force gravifique*.

De même, si l'on soude ensemble deux métaux de nature différente et qu'on tienne l'une des soudures à une température constante, un courant électrique parcourt le circuit dès que l'autre soudure est exposée à une température supérieure ou inférieure. Ici, c'est la *chaleur* qui semble se convertir en *force électrique*.

Enfin, autre phénomène non moins significatif, lorsqu'un rayon de lumière pénètre dans l'œil, il s'y éteint en provoquant dans la rétine un courant électrique d'égale intensité. L'*électricité* prend la place de la *lumière* disparue.

On le voit, la pesanteur, la chaleur, la lumière et l'électricité sont reliées entre elles par une loi de corrélation et d'équivalence ; elles se substituent l'une à l'autre, mais de telle manière que, si l'une se manifeste, l'intensité de l'autre s'abaisse proportionnellement [1]).

[1]) Hirn, *Analyse élémentaire de l'univers*, p. 140.

144. **Argument tiré de ce double fait.** — Sur ces données expérimentales, le mécanisme a fondé l'une des preuves dont il aime le plus à se réclamer.

On ne peut nier, dit-il, que le travail mécanique soit un mouvement local pur et simple, un transport de la matière. Or le travail mécanique se transforme en chaleur, comme celle-ci, à son tour, se transforme en travail. Le calorique est donc une modalité du mouvement local.

Mais la chaleur se convertit aussi en électricité, lumière et magnétisme, car, nous l'avons vu, toutes les forces de l'univers se transforment les unes dans les autres. Puisqu'elle n'est elle même qu'une sorte de mouvement, il faut attribuer la même nature à toutes les phases de ses transformations.

Toutes les énergies matérielles se réduisent donc au mouvement local ou n'en sont que des modes divers.

Ainsi se justifie le dogme fondamental du mécanisme : le monde avec l'infinie variété de ses activités est l'œuvre de deux facteurs indestructibles : la masse homogène et le mouvement [1]).

[1]) « Dès l'instant, écrit Freycinet, que la chaleur est directement équivalente à la force vive, elle cesse d'être la substance mystérieuse, distincte de la matière, qui tantôt pénètre les corps et tantôt se retire d'eux. Mais elle apparaît bien plutôt comme une vibration, comme une forme particulière, quoique infiniment subtile, du mouvement qui nous est familier. Il en est de même de l'électricité, de la lumière, de la puissance chimique. Leur équivalence vis-à-vis de la force vive s'accuse de jour en jour et fait pressentir l'identité fondamentale des divers modes d'activité de la nature. » *Sur les principes de la mécanique rationnelle,* pp. 138 et suiv. Paris, Gauthier Villars, 1902.

Telle est aussi la conclusion de Tyndall : « Nous ne connaissons les choses que par leurs effets. Quels sont donc les effets que peuvent produire la lumière et la chaleur ? Sur la terre, lorsque nous opérons sur elles, nous les trouvons capables de produire du mouvement. Nous pouvons soulever des poids avec elles ; nous pouvons faire tourner des roues avec elles ; nous pouvons avec elles faire marcher des locomotives ; nous pouvons lancer des projectiles avec elles. Quelle conclusion pouvons-nous tirer de là, sinon que la lumière et la chaleur qui produisent ainsi du mouvement *sont elles-mêmes*

145. Critique de cette preuve. — 1° L'équivalent mécanique de la chaleur. — Pour qui veut apprécier la portée philosophique de la loi mentionnée et juger de la valeur des conclusions qu'on en tire, deux questions sont à résoudre :

1° Les diverses méthodes employées par les physiciens pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur nous donnent-elles un indice quelconque de la *nature* intime soit de la chaleur, soit du travail mécanique ?

2° La vérité de cette loi d'équivalence dépend-elle des opinions philosophiques, émises par différentes écoles sur l'essence des forces matérielles ?

Réponse à la première question. — Une des méthodes les plus pratiques de détermination est celle de Joule. D'ailleurs, du point de vue qui nous occupe, il est facile d'y ramener toutes les autres [1]).

Ce savant s'est servi d'un calorimètre à eau dans lequel tournait un arbre vertical muni de palettes. La rotation s'opérait par deux cordons enroulés dans le même sens sur un treuil fixé à l'arbre des palettes, mais se déroulant suivant

des mouvements ? » Cfr. *La lumière*, p. 118. Paris, Gauthier-Villars, 1872 (*Actualités scientifiques*, publiées par l'abbé Moigno).

Cfr. Clerck Maxwell, *Theory of heat*. London, 1872. — Tait, *Esquisse historique de la théroie dynamique de la chaleur*. Paris, Gauthier-Villars, 1870. « La cause immédiate du phénomène de la chaleur est donc, dit-il, le mouvement, et les lois de sa communication sont exactement les mêmes que celles du mouvement » (p. 9). « Il me semble très difficile, ajoute-t-il, sinon impossible, de se former une idée nette d'une chose qui se produit et se communique comme la chaleur se produit et se communique dans ces expériences, à moins que ce ne soit que du *mouvement* » (p. 10). — Daguin, *Traité élémentaire de physique*, t. I, n. 84. *De l'essence des forces*. — Clausius, *Théorie mécanique de la chaleur*. Paris, Hetzel. — Büchner, *Force et matière*, pp. 8 et suiv. Leipzig, Thomas, 1884, etc., etc...

[1]) C'est le cas pour les méthodes de Meyer, de Hirn et de Favre.

deux tangentes diamétralement opposées. La descente des poids attachés à ces cordons mettait en mouvement l'arbre vertical et partant l'eau du calorimètre, qui, par sa résistance au mouvement imprimé, élevait sa température d'un certain nombre de degrés.

Dans cette expérience, le calcul du travail mécanique disparu et de la chaleur produite se fait sans trop de difficultés. Le nombre de kilogrammes ainsi suspendus multiplié par la hauteur de chute représente en kilogrammètres le phénomène dynamique ; le produit du poids de l'eau par le nombre de degrés dont elle s'est échauffée à la suite de cette agitation, mesure l'effet thermique.

Examinons d'abord la chaleur développée.

La *quantité* du calorique dépend évidemment de deux facteurs : de la quantité de liquide et de la température.

Le premier de ces facteurs ne contient aucune indication sur la *nature* du phénomène thermique dont il est le sujet.

Quant à la température, le seul moyen pour nous d'en apprécier l'intensité, est le thermomètre. Or sur quoi se fonde la construction de cet instrument ? Sur ce principe, que les corps soumis à l'action de la chaleur subissent une certaine dilatation : si le thermomètre est mis en contact avec un corps plus chaud, il gagne du calorique et se dilate ; si ce corps est plus froid, il perd sa chaleur et se contracte. L'unique fait constatable dans les variations du thermomètre est donc la dilatation de la colonne thermométrique, ou sa contraction, appréciable en degrés et proportionnelle à la différence d'état thermique.

Or cette dilatation constitue-t-elle la chaleur sensible ? Non, et les physiciens eux-mêmes le concèdent volontiers. C'est un phénomène mécanique qui accompagne et mesure le phénomène thermique, mais dans ce mouvement ne réside point la chaleur qu'il nous est impossible d'atteindre dans sa nature propre.

De quel droit l'identifierait-on avec le mouvement local ?

Les expériences précitées n'éclairent pas davantage l'être intime du travail mécanique.

Comme il a été dit, sous l'action de la pesanteur les poids tombent et actionnent l'arbre à palettes. Or la pesanteur réside-t-elle dans un simple mouvement ? N'est-elle pas plutôt une énergie véritable dont l'action s'accompagne de mouvement ? Enfin faut-il rapporter à cette force motrice ou au mouvement lui-même l'agitation de l'eau et la chaleur qui en résulte ? Toutes ces questions sont étrangères aux données expérimentales : le travail se trouve en tous points déterminé, pourvu que l'on tienne compte du poids des masses, de la vitesse et de la hauteur de leur chute.

Réponse à la deuxième question. — La constatation du principe mentionné est donc absolument indépendante de toute conception philosophique relative à la nature de la chaleur et du travail mécanique, et par conséquent, la conclusion que les mécanistes prétendent en tirer en faveur de leur système n'a qu'une valeur subjective.

146. Opinion des physiciens. — D'ailleurs, plusieurs physiciens de marque partagent entièrement cet avis.

« C'est encore ainsi, écrit M. Mach, que procéda Meyer en posant son principe de l'équivalence du travail et de la chaleur ; les conceptions mécaniques de la nature lui restèrent parfaitement étrangères ; il n'en eut nul besoin. Ceux qui se servent des béquilles des conceptions mécaniques de la nature pour parvenir à la reconnaissance de l'équivalence du travail et de la chaleur, ne comprennent qu'à moitié le progrès réalisé par ce principe » [1]).

Le langage de L. Poincaré est tout aussi catégorique.

« Il est bien clair, dit-il, que de telles expériences ne prouvent pas que la chaleur soit du travail ; l'on pourrait aussi

[1]) MACH, *La mécanique*, p. 470. Paris, Hermann, 1904.

bien dire que le travail est de la chaleur. C'est faire une hypothèse gratuite que d'admettre cette réduction de la chaleur au mécanisme ; mais cette hypothèse était si séduisante, si conforme aux désirs de presque tous les physiciens d'arriver à une sorte d'unité dans la nature, qu'ils la firent avec empressement.

» Leur tort ne fut pas d'admettre cette hypothèse, mais quelques-uns d'entre eux commirent la faute d'oublier qu'elle était une hypothèse » [1]).

Pour M. Bouty, « de même que la valeur du kilogramme de chaque denrée est d'ordinaire évaluée en or, la valeur de chaque sorte d'énergie est évaluée par son équivalent en travail mécanique. Sous ce point de vue, le seul qu'autorisent absolument les expériences, de l'énergie mécanique... de la chaleur n'ont pas entre elles plus d'identité que du blé, de la soie, du fer ou de l'or » [2]).

Non moins satirique est la critique du Dr Le Bon : « En réalité, dit-il, la chaleur, ou une forme quelconque d'énergie, équivaut au travail à peu près comme une pièce de vingt sous équivaut à la livre de bœuf qu'elle permet d'acheter » [3]).

Telle est aussi l'opinion de M. Picard [4]), de M. Ostwald [5]) et de plusieurs autres physiciens, notamment de M. Duhem [6]).

147. 2° La loi de corrélation et d'équivalence. — Qu'il existe un rapport constant entre le travail dépensé et la chaleur produite, que les deux phénomènes se substituent régulièrement l'un à l'autre sans perte ni accroissement d'énergie, c'est un fait incontestable. Mais quel est le caractère de

[1]) L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 64. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 271. Paris, Flammarion, 1908.

[3]) Le Bon, *L'évolution des forces*, p. 41. Paris, Flammarion, 1912.

[4]) Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 130. Paris, Flammarion.

[5]) Ostwald, *L'énergie*, passim. Paris, Alcan, 1910.

[6]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, p. 185 et passim. Paris, Joannin. 1903.

ce lien de succession ? L'observation directe atteint le fait sans pouvoir en saisir le mode de réalisation.

A priori trois hypothèses semblent en rendre compte :

1° Le mouvement dynamique se transforme en mouvement calorifique ; c'est la thèse favorite du mécanisme.

2° La force motrice, dont l'action est inséparable d'un certain mouvement, produit l'état thermique, c'est-à dire une force accompagnée d'un mouvement proportionnel à son intensité.

3° La force motrice n'est pas la cause directe, immédiate de la chaleur, mais par son action sur l'eau, elle provoque le déploiement d'une énergie calorifique préexistante, en sorte que l'activité de cette puissance intrinsèque répond exactement à l'excitation reçue.

A s'en tenir uniquement à l'expérience, l'on n'a donc aucun motif sérieux d'arrêter son choix sur l'une ou l'autre de ces théories, car, si l'on applique aux deux dernières le principe de l'égalité entre l'action et la réaction, elles jouissent toutes d'une égale probabilité. S'il est vrai en effet qu'il ne se produit aucun phénomène dynamique qui n'ait son exacte contre-partie, il est naturel que la force motrice disparaisse au profit d'un phénomène thermique de même valeur.

En accordant leurs préférences à la première de ces conceptions, les mécanistes n'ont donc point cédé à des préoccupations d'ordre scientifique, ni aux exigences des faits. La prudence leur commandait de suspendre leur jugement et de demander à la métaphysique la lumière que l'expérience ne pouvait point leur donner [1]). Ils ont pris parti pour l'hypo-

[1]) « La loi dont il s'agit, écrit M. Boutroux, loin de prouver la possibilité des transformations, les exclut. En effet, elle n'est obtenue qu'en éliminant l'hétérogène pour ne considérer que l'élément homogène des choses. Le

thèse la plus favorable à leur système préconçu; en cela se trouve le vice radical de leur méthode.

C'est, en substance, la conclusion même de M. Hirn.

« On a coutume d'affirmer, dit il, que toutes les forces se transforment les unes dans les autres. Il est beaucoup plus correct et plus libre de toute hypothèse de dire, que quand l'une se manifeste, l'intensité de l'autre s'abaisse proportionnellement. Toutes peuvent se traduire en un certain travail mécanique qu'elles peuvent rendre dans les conditions convenables. »

« Le principe de Mayer s'applique donc à toutes les forces de la nature, l'électricité, la lumière, le magnétisme, la gravitation, etc. Si, dans un phénomène quelconque, il se produit par exemple de l'électricité, nous sommes certains qu'il se dépense ou de la lumière, ou de la chaleur, ou du travail mécanique en quantité équivalente. Il y a équivalence quantitative au point de vue des effets produits; mais pas un fait, pas le plus minime d'entre eux ne nous autorise à affirmer ou à nier que la lumière, la chaleur, l'électricité doivent être rapportées à un même principe » [2]).

148. Opinion des physiciens modernes sur la transformation des forces. — Plusieurs physiciens modernes se rallient à cet avis.

M. L. Poincaré ne voit dans la transformation des énergies qu'une hypothèse vraisemblable.

« Il est naturel, dit-il, de supposer que ces apparitions et ces disparitions équivalentes correspondent à des transformations et non à des créations et à des destructions simultanées;

physicien écarte, pour la renvoyer au physiologiste, au psychologue, ou au métaphysicien, la meilleure partie de l'essence des phénomènes physiques; et les lois qu'il pose ne concernent que les relations quantitatives que l'on peut découvrir dans ce phénomène. » Cfr. Boutroux, *De l'idée de loi naturelle,* p. 55. Paris, Société française d'imprimerie, 1913. — Dauriac, *Des notions de matière et de force dans les sciences de la nature.* Paris, Alcan.

[2]) Hirn, *Analyse élémentaire de l'univers,* pp. 326 et suiv.

l'on se représente ainsi que l'énergie prend des formes différentes... capables de se changer les unes dans les autres, mais de façon que la valeur quantitative en reste toujours la même [1]). »

Ailleurs, lorsqu'il applique cette hypothèse à l'énergétique, il lui devient même peu sympathique. « Cette manière excessive d'envisager les choses, ajoute-t-il, peut séduire par son originalité, mais elle paraît quelque peu insuffisante, si après avoir énoncé des généralités, on veut serrer de près la question. En tous cas, cette conception dépasse l'expérience [2]). »

D'après M. Le Bon, « la théorie moderne de la transformation des diverses formes d'énergie semble n'être qu'une illusion résultant de ce qu'on a choisi pour les mesurer, une même unité, le travail évalué en kilogrammètres ou en calories ».

« Les transformations, dit-il, sont apparentes, analogues à celle de la monnaie en marchandises. Avec une pièce de 5 francs, on obtient un mètre d'étoffe de soie, mais personne ne suppose que l'argent dont se compose la pièce s'est transformé en soie... Les forces de la nature ne se transforment pas [3]). » « Quand du mouvement ou de l'électricité produisent de la chaleur, cela ne signifie-t-il pas qu'avec des moyens dissemblables on arrive à obtenir les variations d'équilibre moléculaire d'où résulte la chaleur ? [4]) »

Citons aussi le jugement plein d'à-propos de M. Mach :

« Comme dans la nature, un travail effectué peut ne pas produire uniquement de la force vive, mais aussi une quantité de chaleur, ou un potentiel d'une charge électrique... on vit dans ce principe l'affirmation d'un phénomène mécanique à la base de tous les phénomènes naturels. Il n'exprime cependant rien d'autre qu'une relation quantitative invariable entre

[1]) L. Poincaré, *La physique moderne*, p. 66. Paris, Flammarion, 1909.
[2]) Id., *op. cit.*, p. 66.
[3]) Le Bon, *L'évolution des forces*, p. 65. Paris, Flammarion, 1912.
[4]) Id., *op. cit.*, p. 66.

les phénomènes mécaniques et les phénomènes d'autres catégories [1]). »

M. Picard se pose à lui-même la question : « De l'équivalence des différentes formes d'énergie peut-on conclure à leur identité ? »

« La question pour l'expérimentateur, dit-il, n'a pas de sens ; c'est un peu comme si on se demandait si deux corps sont identiques parce qu'ils ont le même poids [2]). »

Enfin, M. Ostwald, qui est cependant partisan de la transformation des énergies, défend avec non moins de vigueur leur distinction spécifique et leur irréductibilité au mouvement local [3]).

149. Quelle est la cause réelle de la loi de corrélation ? — Quand on se place exclusivement sur le terrain scientifique, comme nous venons de le faire, le lien qui rattache les uns aux autres les phénomènes de la nature est susceptible d'une triple interprétation. Il n'en est plus de même lorsqu'on le soumet à l'analyse métaphysique.

D'abord, la conception mécanique qui réduit toutes les forces matérielles à du mouvement local, et ne voit dans leur succession régulière que les étapes d'une transformation progressive d'un seul et même mouvement primitif, cette conception, disons-nous, ne résiste pas à l'épreuve des données indiscutables de la philosophie.

Jamais le mouvement n'a produit ou ne produira aucun effet quelconque [4]) et l'hypothèse de ses transformations en des modalités diverses, commode peut-être pour l'imagination, n'en demeure pas moins vide de sens [5]).

Devant l'insuffisance de cette interprétation, insuffisance

[1]) Mach, *La mécanique*, p. 469. Paris, Hermann, 1904.

[2]) Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 130. Paris, Flammarion.

[3]) Ostwald, *L'énergie*, pp. 119-130. Paris, Alcan, 1910.

[4]) Cfr. n 114, p. 204.

[5]) Cfr. n. 124, p. 219.

manifeste au double point de vue de la nature des phénomènes et de la loi de corrélation, nous devons attribuer à des pouvoirs dynamiques réels le rôle usurpé par le mouvement, et restituer à la pesanteur, au travail mécanique, à la chaleur, à l'électricité, l'élément force dont le mécanisme les a dépouillés.

Dès lors se présentent les deux hypothèses mentionnées plus haut, relatives toutes deux au lien de succession :

Le phénomène qui disparaît, par exemple, le travail mécanique, est-il cause efficiente directe du phénomène nouveau, la chaleur ?

Ou bien le premier est-il simplement la cause excitatrice du second ?

A vrai dire, le fait s'explique dans les deux suppositions. Seulement, la première conduit à des conséquences inadmissibles.

Une même cause en effet peut provoquer l'apparition successive de plusieurs énergies physiques. Ainsi, le travail mécanique donne souvent naissance à un dégagement de chaleur. La chaleur à son tour, par son action sur certains corps développe une force électrique, ou de la lumière, ou des forces répulsives, etc.

Or, supposé que le travail mécanique soit cause productive de la chaleur ; en vertu du principe de causalité, il faudrait accorder à ces deux énergies une communauté de nature et, de plus, regarder la chaleur comme une force extrinsèque au corps échauffé. A son tour, cette puissance communiquée du dehors rend le corps, qui l'a reçue, apte à produire chez un autre un phénomène électrique. L'électricité sera donc, elle aussi, une modalité de la force calorifique et, en dernière analyse, de la force motrice. Appliquez enfin ce procédé aux autres énergies du monde corporel, vous arriverez à cette conclusion, que toutes les puissances des êtres sont *homogènes* et *extrinsèques*. C'est le mécanisme mitigé.

La seconde hypothèse évite ces conséquences.

Elle sauvegarde la diversité spécifique des forces physiques ainsi que leur connexion nécessaire avec le fond substantiel. Pour elle, la chaleur, l'électricité, la lumière, etc. préexistent dans les corps à toute influence extérieure, mais leur mise en branle est subordonnée à certaines conditions, entre autres aux excitations communiquées du dehors.

Lorsque, par exemple, nous échauffons un corps par le frottement, ce n'est pas à l'énergie mécanique dépensée qu'il faut rapporter la chaleur produite. Celle-ci relève au contraire d'une cause interne, dont l'intensité d'action correspond exactement à l'excitation reçue. De la sorte, la disparition de la cause excitatrice ne présente aucune difficulté, car elle est le résultat fatal d'une réaction équivalente. D'autre part, le phénomène nouveau reçoit toujours de son devancier la mesure adéquate de son déploiement.

§ 2

Les phénomènes de radioactivité

150. **Exposé de l'argument.** — Les phénomènes de radioactivité ont jeté un jour nouveau sur la constitution de l'atome chimique.

Jusqu'en ces dernières années, de nombreux chimistes considéraient l'atome comme le dernier degré d'atténuation de la matière, comme l'élément irréductible des corps simples. Mais sous la main des physiciens, l'atome lui-même s'est désagrégé en de multiples particules où se révèle son étonnante complexité. Il est un monde, mais un monde dont les constituants présentent un caractère de simplicité non moins étonnant. Malgré leur grande diversité, tous les atomes des corps élémentaires sont constitués d'électrons, c'est-à-dire d'atomes d'électricité, en sorte que l'électricité et la matière se confondent. La substance primordiale d'où résulte l'infinie

variété des corps, se trouve enfin découverte. Il est même permis de dire qu'elle prend place parmi les données expérimentales.

« De telles conquêtes de l'*atomisme* ont enhardi, à juste titre, les tenants des théories mécanistes. Si la réduction de la matière à l'électricité constitue non plus une variété du mécanisme, mais une doctrine différente qu'on pourrait appeler l'*électro-dynamisme*, cette doctrine est manifestement proche parente des théories mécanistes » [1]).

Tel est dans ses grandes lignes l'argument nouveau.

Citons à ce sujet l'avis de quelques physiciens et chimistes.

« La tendance de la jeune physique, écrivent MM. Urbain et Sénéchal, est d'identifier la matière et l'électricité » [2]).

« L'idée que tous les corps supposés simples dérivent d'un élément unique à divers états de condensation ou de combinaison, dit M. Le Bon, vient si naturellement à l'esprit qu'elle fut émise dès que la chimie se constitua. Après avoir été abandonnée faute de preuves, elle renaît depuis que les expériences récentes sur la dissociation de la matière ont paru montrer que les produits, résultant de la dissociation des divers corps, sont formés des mêmes éléments. » Et il ajoute : « On peut donc admettre, comme infiniment probable, que tous les corps sont formés des mêmes éléments » [3]).

D'après M. Picard, « les discussions soulevées à ce sujet touchent aux bases mêmes de la science, au principe de la conservation de l'énergie, au principe de Carnot, à l'immutabilité de l'atome, à la nature de la matière » [4]).

M. Bruylants partage aussi cette opinion ; sa conclusion est même plus catégorique : « Les conceptions électroniques

[1]) BRUNHES, *La dégradation de l'énergie*, p. 318. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) URBAIN et SÉNÉCHAL, *Introduction à la chimie des complexes*, p. 99. Paris, Alcan, 1913.

[3]) LE BON, *L'évolution de la matière*, pp. 223, 254-255. Paris, Flammarion, 1910.

[4]) PICARD, *La science moderne*, p. 169. Paris, Flammarion, 1910.

de la physique moderne, la nature matérielle de l'émanation, la formation d'hélium, de néon et d'argon aux dépens des substances radioactives, et tous les faits qui se rapportent à la dégradation et à la transmutation des éléments, ont mis de nouveau en vedette la vieille hypothèse ; et actuellement, on peut concevoir les éléments comme des formes plus ou moins différenciées d'une matière unique qui est peut-être l'éther lumineux » [1]).

Dans un langage plus franchement mécaniste, M. Righi écrivait récemment : « Les électrons... sont, pour ainsi dire, les atomes de la substance primordiale inconnue, appelée électricité (ou mieux électricité négative), et en même temps, suivant l'opinion désormais unanime, les éléments constitutifs des atomes de la matière. C'est en eux, et dans leurs mouvements, que résident les causes premières de tous les phénomènes du monde physique » [2]).

Nous retrouvons enfin la même pensée, bien qu'exprimée sous des formes diverses, chez de nombreux chimistes et physiciens ; à citer notamment M[me] Curie [3]), Hartog [4]), Pallat [5]), E. Bouty [6]), Rey [7]).

151. **Critique de cet argument. Opinion des physiciens sur la valeur de la théorie.** — La théorie électronique « s'est révélée comme un instrument d'investigation et de découverte d'une grande puissance. Elle laissera

[1]) Bruylants, *La valence chimique (Revue des Questions scientifiques,* janvier-avril 1912), p. 144.

[2]) A. Righi, *La nature des rayons X (Scientia,* vol. XV, n. 33-1, 1914), p. 31.

[3]) M[me] Curie, *Les radio-éléments et leur classification (La Revue du Mois,* 10 juillet 1914), p. 35.

[4]) Hartog, *Les récentes théories biologiques sur la mémoire (Scientia,* vol. XV, n. 33-1, 1914), p. 53.

[5]) Pallat, *Le nouvel état de la matière (Revue des Questions scientifiques,* avril 1905), pp. 518-519.

[6]) Bouty, *La vérité scientifique,* pp. 236-246. Paris, Flammarion, 1908.

[7]) E. Rey, *La philosophie moderne,* pp. 158-161. Paris, Flammarion, 1911.

assurément une trace profonde dans l'ensemble de nos idées sur la constitution corpusculaire de la matière » [1]). On comprend dès lors l'enthousiasme avec lequel elle fut acceptée par les savants.

Ce serait cependant une erreur de croire qu'elle puisse être regardée déjà comme l'expression de la réalité. Les considérations de L. Poincaré nous semblent à ce sujet très opportunes : « L'électron a conquis la physique, et beaucoup adorent la nouvelle idole d'une adoration un peu aveugle ; certes, on ne peut que s'incliner devant une hypothèse qui permet de grouper, dans un même ensemble, toutes les découvertes sur les décharges électriques, sur les substances radioactives, qui conduit à une théorie satisfaisante de l'optique et de l'électricité, et par l'intermédiaire de la chaleur rayonnante, semble devoir englober prochainement les principes de la thermodynamique ; certes, on doit admirer la puissance d'un symbole qui pénètre aussi dans le domaine de la mécanique et qui nous fournit une représentation simple des propriétés essentielles de la matière ; mais il convient de ne pas perdre de vue qu'une image peut être une apparence bien fondée mais ne saurait se superposer à la réalité objective » [2]).

« Nous avons tenu, écrit M. Proumen, à mettre le lecteur en garde contre cette théorie qu'il ne faut considérer que comme un moyen de représentation. L'avenir seul nous apprendra ce qu'elle renferme de vérité » [3]).

« On y conçoit la matière, dit Picard, comme constituée d'électrons positifs et d'électrons négatifs ; elle devient de l'électricité en mouvement. Il serait prématuré d'émettre un pronostic sur l'avenir de ces vues hardies » [4]).

[1]) Bloch, *La théorie électronique des métaux (Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913), p. 191.

[2]) Poincaré, *La physique moderne,* p. 305. Paris, Flammarion, 1909.

[3]) Proumen, *La matière, l'éther, l'électricité,* 1er vol. Paris, Desforges, 1909.

[4]) Picard, *La science moderne et son état actuel,* p. 175. Paris, Flammarion, 1910.

D'après M. de Heen, « les choses peuvent se passer rigoureusement dans certains cas comme si la théorie électronique correspondait à une conception *vraie* de la nature, mais malheureusement, les choses peuvent se passer aussi dans d'autres cas d'une manière entièrement opposée à ses conclusions » [1]).

Beaucoup de physiciens, malgré leurs sympathies pour la théorie nouvelle, gardent cette prudente réserve.

En fait, si la structure atomique des corps matériels et la prodigieuse complexité de l'atome des corps simples semblent être deux notions importantes définitivement acquises à la science [2]), que de mystères planent encore sur la nature des corpuscules qui constituent l'atome chimique ! « Sur la nature du centre d'attraction positif qui maintient les corpuscules négatifs, nous n'avons encore aucune notion » [3]).

« Si nous avons pu commencer à connaître le monde des atomes, les dénombrer, les peser, les mesurer du dehors, nous ignorons encore tout ou presque tout des lois qui régissent leur structure et leurs mouvements internes, et leurs échanges d'énergie avec l'éther par voie de rayonnement » [4]).

152. **Cette théorie soulève encore à l'heure présente de grosses difficultés.** — « Elle a introduit dans nos conceptions, sur la constitution et les propriétés de la matière une telle unité, dit M. Bloch, qu'on a pu croire un moment que nous possédions aussi, dans ce nouveau domaine, des idées presque définitives. Mais... non seulement certains phénomènes, tels que la gravitation, se sont refusés jusqu'ici

[1]) De Heen, *Introduction à l'étude de la physique. La théorie des électrons (Mémoire, Académie royale des Sciences,* 2e série, t. IV. Bruxelles, Hayez, janvier 1913), p. 13.

[2]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie,* p. 317. Paris, Flammarion, 1908.

[3]) Brunhes, *op. cit.,* p. 314. — Delbet, *La science et la réalité,* p. 329. Paris, Flammarion, 1913.

[4]) Langevin, *Thermodynamique et statistique (Revue du Mois,* 10 janvier 1914), p. 38.

à prendre place dans l'ensemble de l'édifice, mais d'autres phénomènes commencent à le saper par sa base. Parmi ceux-ci, on peut citer : 1° le rayonnement du corps noir ; 2° la variation des chaleurs spécifiques avec la température. Ces phénomènes... la théorie corpusculaire ou électronique de la matière ne les explique pas ou les explique mal » [1]).

« Cette difficulté, ajoute-t-il..., inhérente à la théorie des électrons en général, obligera sans doute à remanier nos idées, de manière à arriver à un compromis satisfaisant. C'est là l'œuvre de l'avenir » [2]).

Des physiciens de marque ne craignent pas de reconnaître ces points faibles de la théorie [3]).

153. Cette théorie ne suppose nullement l'unité essentielle de la matière. — Admettons provisoirement le bien fondé de la théorie électronique. Quelles en seraient les conséquences au point de vue de la théorie mécanique ? Justifierait-elle le premier dogme du mécanisme traditionnel : l'unité essentielle de la matière ?

D'abord, il est certain qu'à l'heure présente, tous les physiciens admettent, comme éléments primordiaux de l'atome chimique, un noyau positif et des électrons négatifs, les uns libres, les autres enchaînés au noyau central. Nous sommes donc en présence, non pas d'une matière homogène unique, mais de deux constitutifs, de deux électricités qu'on décore, il est vrai, d'un même nom (électricité), mais qui se montrent irréductibles entre elles.

Or la réduction de l'univers à deux facteurs primordiaux hétérogènes n'est pas plus favorable au mécanisme que la

[1]) E. Bloch, *La théorie électronique des métaux* (*Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913), pp. 149 et 190.

[2]) Id., *ibid.*, p. 190.

[3]) Langevin, *La dynamique électromagnétique*, passim (*Les idées modernes*). — H. Poincaré, *Les rapports de la matière et de l'éther*, passim (*Les idées modernes*).

réduction de tous les composés chimiques aux quatre-vingt-dix corps simples des chimistes. La question qui se pose est une question d'unité ou de pluralité, d'homogénéité ou d'hétérogénéité. La grandeur du nombre d'éléments originaux n'est ici d'aucune importance, pourvu que le nombre exprime une pluralité ; en un mot, il est tout aussi facile à un adversaire du mécanisme, de concevoir la formation du monde à partir d'un simple dualisme primitif, qu'à partir de cent ou deux cents corps élémentaires.

Que ce dualisme s'impose, il nous suffira pour nous en convaincre de citer l'opinion des partisans les plus décidés de la théorie électronique.

« Au lieu de considérer les fluides électriques (électricité positive et électricité négative) comme *contenus* dans la matière, dit Perrin, on admet qu'ils en sont inséparables, qu'ils sont la matière elle-même. Ainsi l'univers matériel serait construit avec seulement deux substances primordiales. Toute charge électrique apparente serait formée par un excès, relativement très faible, de l'une de ces deux substances » [1]).

« Les atomes différeraient alors, écrit M. Pallat, non par leur matière constitutive, mais par la quantité positive de leur matière positive ou *électron positif* et par le nombre, la disposition des corpuscules ou *électrons négatifs*. Ainsi il se peut que la théorie corpusculaire conduise à l'unité de la matière, idée si chère aux esprits philosophiques ; unité pourtant pas tout à fait, puisqu'elle nécessiterait deux matières fondamentales distinctes : l'une électron positif, l'autre électron négatif inséparable d'une charge d'électricité négative » [2]).

[1]) PERRIN, *Traité de chimie physique. Les principes*, p. 23. Paris, Gauthier-Villars, 1903.

[2]) PALLAT, *Le nouvel état de la matière (Revue scientifique*, 29 avril 1905), p. 518. — Cfr. Mme CURIE, *Sur les rayonnements des corps radioactifs (Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913), pp. 273-277. — DEBIERNE, *Sur les transformations radioactives (Les idées modernes)*, pp. 305-341. — SODDY, *Radioactivité (Les progrès de la chimie en 1912*, Paris, Hermann, 1913), p. 359. — *Chimie des radio-éléments*, 1914.

« C'est bien une différence spécifique (qu'il faut placer), dit M. Bouty, entre les deux sortes d'électricité » [1]).

Pour certains auteurs, entre autres M. Rey, il paraît même certain que les électrons ne sont pas tous identiques entre eux.

Dans une étude très fouillée sur ce sujet, ce physicien-philosophe nous dit en effet « qu'il paraît très peu en accord avec tout ce que nous apprenons sur la structure intime de la matière, de supposer, aussi bien pour les atomes matériels que pour les atomes électriques, une identité absolue de leurs individualités. Tout porte à croire, dit-il, que ces individualités sont semblables mais non indiscernables, exactement comme les individualités les plus complexes inorganiques et organiques. Il semble donc infiniment probable que tout élément auquel nous remontions, varie toujours entre certaines limites étroites » [2]).

154. La théorie ne supprime pas la matière ordinaire. — Bien plus, la théorie électronique n'est nullement incompatible avec l'existence de la matière entendue au sens ordinaire du mot.

Les électrons ou particules d'électricité négative n'ont pas de masse pondérale ; leur masse, d'après la théorie, est tout entière d'origine électromagnétique, elle exprime la quantité d'énergie qu'il faut consommer pour créer le champ électromagnétique qui forme le sillage de la particule en mouvement.

Mais on constate aussi que l'émission de ces électrons négatifs par les corps radioactifs ne diminue jamais sensiblement le poids réel de l'atome soumis à cette désintégration. Il n'y a réellement de perte de poids que dans l'émission par les masses atomiques de particules positives qui sont en réalité des atomes d'hélium. Et dans ce cas, le poids de l'atome

[1]) Bouty, *La vérité scientifique*, pp. 241 et suiv. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Rey, *Vers l'intuition expérimentale de l'électron* (*Revue philosophique*, mai 1914). Voir aussi les nos de novembre et décembre 1913 et avril 1914.

résiduel et celui de la particule émise constituent un total qui représente exactement le poids que possédait l'atome chimique avant sa dislocation. L'émanation, par exemple, dont le poids atomique est 222,5 devient, en perdant une particule α ou un atome d'hélium, du radium A dont le poids atomique est 218,5. Or le poids atomique de l'hélium, 4, mesure exactement la perte subie par l'émanation.

De quel droit affirmer que ces noyaux positifs ne sont que de l'électricité pure et simple ?

« On peut, écrit M. Bouty, considérer ces centres (positifs) comme ayant une constitution beaucoup plus complexe et il n'est pas évident que, si cette constitution était connue, leur masse réelle ne s'annulerait pas aussi complètement que celle des centres négatifs. *La matière s'évanouirait* au profit des champs magnétiques. » Mais il ajoute : « ce n'est là, actuellement, qu'une hypothèse presque gratuite, qu'on est parfaitement libre de ne pas accepter, jusqu'à plus ample informé » [1]).

Tel est aussi l'avis de L. Poincaré : « On pourrait évidemment supposer, dit-il, que ce centre positif conserve, lui, les caractères fondamentaux de la matière et que, seuls, les électrons n'ont plus qu'une masse électro-magnétique » [2]).

D'ailleurs, les physiciens ne professent-ils pas, à l'unanimité, qu'on ne connaît rien ou presque rien de la nature et de la constitution de ce noyau central des atomes chimiques ?

A notre avis, c'est donc en vain que le mécanisme se

[1]) E. Bouty, *La vérité scientifique*, p. 246. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) L. Poincaré, *La physique moderne et son état actuel*, p. 300. Paris, Flammarion, 1909. — Cfr. Le Bon, *L'évolution de la matière*, p. 121. Paris, Flammarion, 1910. « Les mesures de l'inertie des électrons, dit-il, n'ont porté que sur les électrons négatifs, les seuls qu'on puisse isoler entièrement de la matière. Elles n'ont pas été effectuées sur les ions positifs. Demeurant inséparables de la matière, ces derniers en possèdent la propriété essentielle, c'est-à-dire une masse constante indépendante de la vitesse. » Cfr. Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 303. Paris, Flammarion, 1908. — Lodge, *La vie et la matière*, p. 29. Paris, Alcan, 1909. — Boucher, *Essai sur l'hyperespace*, p. 113, Paris, Alcan, 1905.

réclame de la théorie électronique pour justifier son dogme de l'unité essentielle de la matière. Cette théorie physique n'est qu'un essai de synthèse, généralement fructueux sans doute, mais qui soulève actuellement encore de grosses difficultés. De plus, elle aboutit à un dualisme réel et inévitable, à une pluralité de substances primordiales où la matière pondérale, au sens ordinaire du mot, semble pouvoir conserver sa place.

155. La théorie électronique ne nécessite pas la réduction de toutes les forces au mouvement local. — Reste le second dogme du mécanisme : la réduction de toutes les forces, et dans l'espèce, de l'électricité, au mouvement local. « La notion du mouvement, dit E. Rey, resterait toujours le centre du nouvel édifice.... La physique électronique est une théorie figurative et cinétique » [1]).

Pour rendre compte des faits de radioactivité, la théorie suppose douées de mouvement local les particules constitutives de l'atome chimique. D'après elle, les électrons gravitent autour du noyau positif comme les satellites autour du soleil, avec une vitesse de plusieurs trillions de tours par seconde. Or ceci est une pure hypothèse qui ne peut se réclamer d'aucune preuve expérimentale ou inductive ; notre ignorance est complète au sujet de la constitution intime de cet édifice atomique.

Sans doute, dans le fait de l'explosion de l'atome, les électrons se trouvent lancés dans l'espace et sont, d'évidence, animés de mouvement local. Mais qui donc a prouvé que toutes les énergies mises en jeu résident dans ce mouvement, que l'électricité s'identifie avec ce déplacement local des électrons, que le mouvement enfin ne relève d'aucune autre cause que de lui-même ? Ce sont là trois problèmes que la théorie n'a pas résolus et ne saurait même pas résoudre avec les données d'expérience actuelles.

[1]) Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, p. 296. Paris, Alcan, 1907.

Telle est d'ailleurs la pensée qu'exprime M. Meyerson quand il nous dit : « Nous sommes entièrement ignorants de la nature du phénomène fondamental que nous supposons, à l'heure actuelle, électrique et que nous assimilons à une ondulation » [1]).

A ce sujet, l'opinion de M. Nernst peut aussi être citée : « Sous l'influence des travaux récents s'est répandue l'idée que la théorie fluidique de l'électricité, qui voit en elle un agent matériel, était définitivement éliminée ; on entend même souvent cette assertion, nullement motivée, que l'électricité n'est qu'un « état vibratoire »... L'optique est devenue en fait un chapitre spécial de l'électricité, de même que le magnétisme en est un depuis longtemps. Malgré cela, la question de la nature de l'électricité est restée dans son ensemble ce qu'elle était auparavant » [2]).

Bien plus, s'il faut en croire plusieurs physiciens, notamment Langevin [3]) et H. Poincaré [4])..., il serait impossible, à l'heure présente, de se passer, dans l'explication de certains phénomènes relatifs à la radioactivité, de forces distinctes des énergies électriques et magnétiques [5]).

§ 3

Le mouvement Brownien

156. Exposé et cause présumée du fait. — Ce phénomène fut signalé déjà en 1827 par le botaniste Brown. Voici en quoi il consiste :

[1]) Meyerson, *Identité et réalité*, p. 213. Paris, Alcan, 1912.

[2]) Nernst, *Traité de chimie générale*, Ire partie, pp. 449-450. Paris, Hermann, 1911.

[3]) Langevin, *La dynamique électromagnétique* (*Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Alcan, 1913), p. 114.

[4]) H. Poincaré, *Science et méthode*, p. 247. Paris, Flammarion, 1909.

[5]) Henriques, *Les concepts fondamentaux de la science*, pp. 246 et suiv. Paris, Flammarion, 1913.

A l'échelle ordinaire de nos sensations, toutes les parties d'un liquide en équilibre nous semblent immobiles. Si l'on place dans ce liquide un objet quelconque plus dense que lui, cet objet tombe verticalement et ne remonte jamais spontanément.

Au contraire, si l'on examine au microscope de petites particules placées dans l'eau, on voit que chacune d'elles, au lieu de tomber régulièrement, s'agite de façon désordonnée. Elle va et vient en tournoyant, monte, descend, remonte encore, sans tendre aucunement vers le repos. « Enfin, et ceci est peut-être le caractère le plus étrange et le plus véritablement nouveau, le mouvement ne s'arrête jamais. A l'intérieur d'une cellule close, on peut l'observer pendant des jours, des mois, des années... [1]) » Tels sont les caractères du mouvement brownien.

Quelle est la cause de ce mouvement continu et irrégulier?

L'expérience prouve qu'il est complètement indépendant du mouvement des particules voisines; il persiste indéfiniment malgré toutes les précautions que l'on prend pour assurer l'équilibre mécanique et thermique du liquide où le phénomène se produit. Ce phénomène n'a donc point pour cause les courants de convection que peuvent produire les trépidations, l'évaporation, les différences de température, les courants d'ensemble qu'on reconnaît facilement quand ils se superposent au phénomène.

Il faut en conclure, avec Wiener, que l'agitation perpétuelle de ces particules est déterminée par les mouvements internes, caractéristiques de l'état fluide. En d'autres termes, le mouvement brownien semble confirmer l'hypothèse d'après laquelle les molécules d'un liquide sont soumises à un régime permanent de violente agitation. Tout granule situé dans un fluide,

[1]) Gouy, *Le mouvement brownien et les mouvements moléculaires (Revue générale des sciences*, 1 janvier 1895), pp. 5 et suiv. — Arrhénius, *Conférences sur quelques thèmes choisis de chimie physique*, pp. 12-18. Paris, Hermann, 1912.

étant sans cesse heurté par les molécules voisines, en reçoit des impulsions qui, en général, ne s'équilibrent pas, et se trouve de la sorte irrégulièrement ballotté.

Le repos apparent des liquides en équilibre n'est donc qu'une illusion due à l'imperfection des sens. En un mot, le mouvement brownien visible au microscope est l'image fidèle et le résultat du mouvement moléculaire invisible. « Il nous fournit, comme le disait M. Gouy, ce qui manquait à la théorie cinétique de la matière : une preuve expérimentale directe »[1]).

157. **Critique de cet argument.** — Le mouvement brownien est certainement l'un des faits les plus importants dont puisse se réclamer la théorie cinétique. Nous reconnaissons même volontiers que, jusqu'ici, aucune autre théorie n'en a donné une explication pleinement suffisante. Mais la conception mécanique lève-t-elle toute difficulté, satisfait-elle à tous les principes de physique bien établis ?

L'une des plus belles découvertes du siècle dernier est sans contredit le principe de Carnot et la loi de la dégradation de l'énergie qui en est la conséquence nécessaire. D'après ce principe généralisé, tout phénomène naturel exige, pour se produire, une différence de niveau des énergies en présence. La nature tend constamment à rétablir l'équilibre là où il fait défaut, et l'intensité du phénomène se mesure à cette inégalité énergétique, en sorte que le monde marche fatalement vers un état de nivellement universel et de repos.

Or comment concilier avec ce principe confirmé par d'innombrables expériences, la conception mécanique de l'état liquide ? Si les particules d'un fluide sont animées de mouvements constants dont la moyenne reste toujours invariable dans les mêmes conditions physiques de pression et de tem-

[1]) Perrin, *Les atomes*, pp.123 et suiv. Paris, Alcan, 1914. — *Les preuves de la réalité moléculaire (Les idées modernes.* Paris, Gauthier-Villars, 1913), pp. 6-26.

pérature, si ce mouvement est apte de lui-même à se perpétuer éternellement, ce mouvement ne porte-t-il pas à juste titre le nom de *mouvement perpétuel* dont la science proclame l'impossibilité physique? Ou, du moins, que devient l'évidente tendance de l'univers à la stabilité, à l'universel nivellement énergétique?

Certes, il y a là une très grande difficulté.

158. Instance. — Pour y échapper, plusieurs physiciens ont proposé d'atténuer la rigueur du principe de Carnot, d'en faire une loi approchée ou plutôt une loi de haute probabilité, valable seulement pour des systèmes complexes de mouvements.

Ils distinguent aussi deux sortes de mouvement perpétuel. On peut entendre, dit-on, par mouvement perpétuel, un mouvement qui se produirait sans dépense d'énergie. Il est clair que pareil mouvement, une fois inauguré, se continuerait indéfiniment et pourrait donner naissance à des effets mécaniques qui viendraient augmenter la somme des énergies de l'univers, sans entraîner aucune diminution correspondante.

Pareil mouvement est manifestement condamné par le principe de la conservation de l'énergie; toute production nouvelle d'énergie devant être compensée par une perte équivalente.

Mais on peut concevoir un mouvement perpétuel qui se concilie aisément avec le principe énoncé. Il suffit, en effet, d'admettre que tout accroissement de vitesse d'un grain ou d'une particule suspendue dans le liquide, s'accompagne d'un refroidissement du fluide en son voisinage immédiat, et que toute diminution de vitesse s'accompagne d'un échauffement local [1]).

[1]) PERRIN, *Les atomes*, p. 124. Paris, Alcan, 1914. — *Les preuves de la réalité moléculaire :* Le mouvement brownien ; les lois du mouvement brownien; phénomènes browniens (*Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913), pp. 7-47.

Or, ce mouvement est compatible avec le principe de Carnot, à condition de bien l'entendre.

Il est nécessaire de distinguer deux acceptions de ce principe.

Les uns — telle fut d'ailleurs l'opinion de la généralité des physiciens jusqu'en ces dernières années — les uns le regardent comme une vérité absolue, applicable non seulement à l'univers, ou à un ensemble de particules matérielles, mais à chacune des particules prises isolément. Dans ce cas, toutes les molécules et tous les atomes d'un milieu liquide ou gazeux finiraient par céder à la loi du nivellement, tous prendraient un mouvement uniforme qui rendrait inexplicable le mouvement brownien.

D'autres entendent le principe en un sens plus large. Ils n'y voient qu'une loi statistique, une loi de haute probabilité. Pour eux, le principe de Carnot n'est vrai que pour l'univers ou pour un système de particules plus ou moins nombreux ; il ne l'est plus pour un très petit nombre de particules considérées isolément.

« Depuis que Maxwell, Boltzmann et Gibs, dit M. Bauer, ont étudié d'une façon tout à fait générale les lois de la Mécanique statistique, le principe de Carnot se présente sous une forme nouvelle, plus compréhensible et moins absolue ; c'est une loi de probabilité, valable avec d'autant plus de rigueur que les systèmes étudiés sont plus complexes » [1]).

Si l'on mélange deux gaz de température différente, il se produit, après peu de temps, un état thermique uniforme, le même pour toute quantité appréciable du mélange. Cette uniformité, invariable sans l'intervention d'une énergie étrangère, ne représente cependant qu'une *moyenne*. En fait, il existe à l'intérieur de la masse gazeuse des différences multiples de température ; telle molécule, par exemple, a un mouvement

[1]) Cfr. E. Bauer, *Les quantités élémentaires d'énergie* (*Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913), p. 115.

plus rapide que telle autre, mais comme le nombre de particules supposé est considérable, l'excédent de vitesse des unes est compensé par la lenteur des autres, en sorte que le résultat d'ensemble reste sensiblement invariable.

Ainsi en est-il dans un milieu liquide [1]).

La nature tend donc vers l'uniformité et la stabilité, si on entend cette uniformité comme la moyenne d'un ensemble d'actions ; elle comporte, au contraire, une diversité permanente d'actions isolées faisant partie de cet ensemble.

Les mouvements intestins d'un corps gazeux ou liquide en équilibre thermique peuvent donc se produire aux dépens des mouvements calorifiques, comme ceux ci peuvent être engendrés par les chocs moléculaires. Chacune de ces transformations se fait suivant les exigences du principe de la conservation de l'énergie. D'autre part, on comprend aussi qu'il soit pratiquement impossible, comme le veut le principe mitigé de Carnot, de transformer à son gré en travail *toute* la chaleur d'un liquide en équilibre thermique : il faudrait, pour atteindre ce but, pouvoir coordonner, c'est-à-dire rendre parallèles, les vitesses de *toutes* ces molécules.

On ne voit donc aucune répugnance à ce que ces mouvements internes se perpétuent indéfiniment grâce à cette transformation constante, réalisée par les particules isolées, de chaleur en travail mécanique et de travail mécanique en chaleur.

D'après certains physiciens, il ne serait même pas impossible que toute la chaleur d'un liquide en état d'équilibre

[1]) « Dans le cas d'une grande surface, les chocs moléculaires, cause de la pression, ne produiront aucun ébranlement du corps suspendu, parce que leur ensemble sollicite également ce corps dans toutes les directions. Mais si la surface est inférieure à l'étendue capable d'assurer la compensation des irrégularités, il faut reconnaître des pressions inégales et continuellement variables de place en place, que la loi des grands nombres ne ramène plus à l'uniformité, et dont la résultante ne sera plus nulle, mais changera continuellement d'intensité et de direction. » Cfr. PERRIN, *Les atomes*, p. 127.

thermique se transformât finalement en travail, mais pareille transformation exigerait des temps d'une durée incalculable. Pour eux, le principe, même dans ses applications à des ensembles de particules, ne jouirait que d'une très haute probabilité [1]).

Considéré comme loi statistique, le principe de Carnot se concilierait donc avec le mouvement perpétuel des particules d'un liquide et par suite avec le mouvement brownien.

159. **Critique**. — Que faut-il penser de cette nouvelle interprétation ?

Le principe de Carnot est un fait, et même le fait de beaucoup le plus important de la science. Sa raison d'être est de préciser l'irréversibilité, de la rendre tangible. La réversibilité n'existe nulle part dans la nature ; le phénomène réversible est purement idéal ; on peut tout au plus le concevoir comme un cas-limite des phénomènes réels, tous irréversibles au fond. Toute dérogation à pareil principe doit donc être appuyée sur des faits. Or, le langage de l'expérience est-il réellement décisif en cette matière ?

Il est certain d'abord que parmi les adversaires du principe de Carnot, plusieurs se sont laissés guider par des considérations absolument étrangères aux exigences de la science. Pour Hæckel, par exemple, la loi de la dégradation de l'énergie s'applique à des processus particuliers, mais ne peut s'étendre au grand Tout du cosmos, sinon, à la fin du monde devrait correspondre un commencement, conséquence incompatible avec le monisme [2]).

Telle est à peu près l'opinion d'Arrhénius. Si les vues de Clausius étaient exactes, dit-il, cette mort calorifique devrait

[1]) Voir l'hypothèse « des démons » de Maxwell chez BRUNHES, *La dégradation de l'énergie*, pp. 331 et suiv. Paris, Flammarion, 1908.— Cfr. BOLTZMANN, *Leçons sur la théorie des gaz* (traduction française Gallotti et Bénard). Paris, Gauthier-Villars, 1905.

[2]) HÆCKEL, *Les énigmes de l'univers*, pp. 283-284. Paris, 1902.

déjà s'être établie depuis les temps infinis que le monde existe. D'autre part, on ne peut supposer qu'il y ait eu un commencement, puisque l'énergie ne peut être créée [1]).

Il est évident que ces considérations aprioriques n'ont aucune valeur scientifique.

Certains physiciens, il est vrai, notamment Maxwell, Gibs et Boltzmann [2]) ont imaginé diverses hypothèses pour échapper aux graves conséquences du principe de Carnot, et concilier à la fois le mécanisme et l'expérience. Mais d'autres physiciens de valeur, Poincaré [3]), Duhem [4]), Lippmann [5]) et Mach [6]) aiment à reconnaître que la tentative de Maxwell, de loin la plus sérieuse, paraît encore bien insuffisante.

« Même avec le principe de Carnot entendu dans son sens large, écrit M. Brunhes, le mécanisme peut-il s'accorder ? ou bien le désaccord est-il définitif ? Sur ce problème, il semble encore prématuré de prononcer un verdict sans appel » [7]).

Sans doute, s'il était prouvé que le mouvement brownien résulte des mouvements moléculaires du liquide, la théorie de Maxwell, qui suppose que le principe de Carnot règle les phénomènes des corps sensibles, mais ne s'applique pas à leurs particules élémentaires, cette théorie, disons-nous, recevrait une puissante confirmation. Mais, même dans cette hypothèse, on ne serait pas encore autorisé à conclure que ce mouvement perpétuel ne résulte pas, à son tour, d'énergies mécaniques plus profondes.

De plus, est-on certain d'avoir découvert la vraie cause du phénomène ?

[1]) ARRHÉNIUS, *L'évolution des mondes*, trad. Seyrig, p. IV. Paris, Béranger, 1910.

[2]) BOLTZMANN, *Leçons sur la théorie des gaz*, IIe partie, pp. 252 et suiv. Paris, 1905.

[3]) H. POINCARÉ, *Le mécanisme et l'expérience (Revue de Métaphysique et de Morale*, I, 1893), pp. 535-537.

[4]) DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, p. 153. Paris, Joannin, 1903.

[5]) LIPPMANN, *La théorie cinétique des gaz et le principe de Carnot (Congrès international de physique*, 1 vol., p. 549).

[6]) MACH, *Die principien der Wärmelehre*, p. 364. Leipzig, 1896.

[7]) BRUNHES, *La dégradation de l'énergie*, p. 332. Paris, Flammarion, 1908.

Aucune autre ne se laisse soupçonner actuellement, dira-t-on ! Soit. Mais les énergies de la matière sont encore si peu connues, et qui peut pressentir les découvertes que nous réserve l'avenir ? « On peut donc se demander légitimement, dit M. Meyerson, si dans bon nombre de transformations il ne naît pas des formes d'énergie restées insoupçonnées jusqu'à ce jour » [1].

Quoi qu'il en soit de ces hypothèses subsidiaires, la théorie cinétique, nous l'avons dit plus haut, se voit forcée d'accorder aux dernières particules de la matière une élasticité parfaite. Or, pareille élasticité ne se rencontre nulle part dans la nature et suppose une force distincte du mouvement, appelée force d'élasticité [2].

Enfin, si nous quittons le terrain de la physique pour soumettre la théorie cinétique à l'épreuve des principes de la métaphysique, il est facile de montrer que, jamais, le mouvement ne peut engendrer le mouvement, ou produire de lui-même un effet mécanique. Toute action, fût-elle même une simple pression, est due à une force, à une qualité stable, distincte du mouvement local, irréductible à cette espèce de mouvement [3].

§ 4

Toutes les activités de la nature sont soumises aux mêmes lois physiques

160. Exposé. — La chaleur, le son, la lumière, et en général les forces physiques sont soumises aux mêmes lois de la

[1]) MEYERSON, *Identité et réalité*, p. 213. Paris, Alcan, 1912.

[2]) Comme le dit M. Borel, « il ne peut être question, dans de tels chocs, de perte vive transformée en chaleur, puisque la chaleur n'est pas autre chose, en théorie cinétique, que la force vive des molécules. » E. BOREL, *Le hasard*, p. 168. Paris, Alcan, 1914.

[3]) Cfr., pp. 203-218, nos 113-118.

réflexion, de la réfraction, de l'interférence, etc. Or, pareil phénomène ne s'explique pas si les énergies physiques se distinguent entre elles par des caractères réellement spécifiques.

Cet argument est invoqué surtout par les partisans de l'atomisme dynamique, en faveur de l'identité mécanique de toutes les forces naturelles.

Pictet va même plus loin et croit pouvoir déduire de ce fait l'identité absolue de la matière.

« La conclusion logique à laquelle conduit l'égalité de chute de tous les corps est d'autant plus intéressante à noter, dit-il, que c'est à peu près la seule raison absolument convaincante que l'on possède, pour admettre *l'unité absolue de la matière,* quels que soient le *nom* et la *forme chimique* sous lesquels nous les étudions » [1]).

161. Critique. — Il est incontestable que plusieurs lois d'ordre physique s'étendent à des énergies regardées par nous comme hétérogènes. Mais cette constatation ne prouve en rien l'identité des forces corporelles.

Que faut-il, en réalité, pour rendre compte de ce phénomène?

Il suffit d'attribuer aux forces un double caractère, que nous révèle, d'ailleurs, l'expérience. D'abord un caractère qualitatif, par lequel elles se distinguent entre elles et exercent sur nos sens des effets réellement spécifiques. La lumière, le son, la chaleur, etc. ne nous apparaissent-ils pas comme des forces irréductibles les unes aux autres, comme des réalités dont nous ne pouvons prendre connaissance que par des organes appropriés?

Il faut ensuite leur attribuer un caractère mécanique qui leur permet de produire, comme effet secondaire, du mouvement local. On le sait, toutes les activités corporelles, parce qu'essentiellement dépendantes de la matière, s'accompagnent toujours de déplacements dans l'espace.

[1]) PICTET, *Étude critique du matérialisme et du spiritualisme,* p. 65. Paris, Alcan, 1895.

Or, grâce à cet aspect secondaire de nos énergies physiques, le fait invoqué s'explique sans peine.

En effet, toutes les lois découvertes par la physique expérimentale sont relatives à l'aspect mécanique des phénomènes. « En physique expérimentale, dit avec raison Pictet, à part ce qui se passe au dedans de nous-mêmes, nous n'observons et ne mesurons que des *corps en mouvement*. . Sortir de ce cadre précis serait une *grossière erreur de méthode* » [1]).

Si donc l'activité spécifique de nos forces physiques s'accompagne toujours de mouvement local, il est naturel que, de ce chef, et en vertu de cette propriété commune, toutes ces forces soient soumises à certaines lois générales de physique.

D'autre part, il tombe aussi sous le sens, qu'à raison même de sa méthode, il est interdit au physicien de s'appuyer sur le caractère commun de ces lois, pour nier ou affirmer l'existence des traits spécifiques cachés sous le mouvement dont il nous trace les règles. D'évidence, ces traits distinctifs doivent échapper à ses calculs.

Au surplus, le vice radical de cette induction devient plus tangible encore quand on la poursuit dans ses applications logiques.

Que dirait on, par exemple, de ces inférences? Les activités chimiques, physiques et les sensations sont soumises à la loi du temps et de la succession ; elles sont donc de même nature. — Les corps bruts, tels la pierre et les métaux, la plante, l'animal et l'homme sont régis par la loi de la pesanteur ; ils tombent tous avec la même vitesse dans le vide. Ces êtres appartiennent donc à une même espèce !

[1]) Pictet, *Étude critique du matérialisme et du spiritualisme*, p. 68. Paris, Alcan, 1896.

§ 5

La méthode physique et l'universalité du mouvement

162. **Exposé de cet argument.** — Le but de la physique et, en général, des sciences naturelles, est de nous donner la mesure directe ou indirecte des grandeurs qu'elles étudient. Les termes de calorimétrie, de barométrie, de thermométrie, de photométrie, etc., le prouvent à suffisance.

Or, on ne peut mesurer que la quantité, qui est partout homogène.

L'homogénéité de l'objet est donc la condition *sine qua non* de la possibilité de la science, et le domaine physico-chimique se réduit ainsi au domaine de la quantité à l'exclusion des différences qualitatives.

En fait, « tout se passe comme si les phénomènes étaient et n'étaient au fond que des grandeurs homogènes, réductibles et mesurables » [1]).

Inversement, « si les phénomènes sont réductibles les uns aux autres, écrit M. Rey, ils sont homogènes; s'ils sont homogènes, ils sont mesurables; mais s'ils sont mesurables, ils sont des grandeurs quantitatives... Tout se passe comme si l'univers physico-chimique était quantitatif » [2]).

« Une mesure, dit encore cet auteur, est une variation d'étendue, un déplacement dans l'espace, une sensation de mouvement. » « Toute expérience nous fait donc retomber, du moins jusqu'à présent, et tout nous porte à croire qu'il en sera toujours ainsi, sur des phénomènes mécaniques. »

« Si l'on ajoute à cette raison, que les phénomènes les plus simples et les premiers étudiés dans la nature, ont été le mou-

[1]) Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, p. 265. Paris, Alcan, 1907.

[2]) Id., *op. cit.*, p. 265.

vement et tout ce qui s'y rapporte, que par suite, on a progressivement connu les phénomènes inconnus, en les réduisant à ceux qui étaient primitivement connus, on en conclut que la systématisation à laquelle devait aboutir une théorie qui veut être le décalque de l'expérience, est une systématisation mécanique » [1]).

163. **Critique de cet argument.** — A en croire le philosophe français, toute méthode physique suppose l'homogénéité des phénomènes et doit aboutir à une systématisation mécanique.

Que diraient les énergétistes de pareille assertion ? Pour ces physiciens, notamment pour MM. Ostwald et Duhem [2]), la classification des phénomènes ne doit jamais en supprimer ni en amoindrir les caractères distinctifs. D'après M. Ostwald, la science a même pour tâche de mettre en lumière toutes les caractéristiques des énergies physiques [3]).

D'ailleurs, la théorie électronique elle-même, qui domine actuellement toute la physique, n'admet-elle pas deux éléments primordiaux, deux sortes d'électricité, l'une positive, l'autre négative, que d'excellents physiciens déclarent spécifiquement distinctes l'une de l'autre ?

En réalité, M. Rey a posé en principe ce qu'il voulait établir, savoir, que l'univers n'admet d'autre explication scientifique qu'une explication mécanique. C'est là une erreur contre laquelle s'élève vivement M. Mach : « L'opinion, dit-il, qui fait de la mécanique la base fondamentale de toutes les autres branches de la physique, et suivant laquelle tous les phénomènes physiques doivent recevoir une explication *mécanique*, est selon nous un préjugé... La conception mécanique de la nature nous apparaît comme une hypothèse fort expli-

[1]) Rey, *op. cit.*, p. 286.
[2]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, pp. 334 et 335, Paris, Joannin, 1903.
[3]) Ostwald, *L'énergie*, p. 126. Paris, Alcan, 1910.

cable historiquement, excusable peut-être et peut-être fort utile pour un temps, mais, somme toute, artificielle » [1]).

En second lieu, d'après M. Rey, tout phénomène, dès qu'on le serre de près, nous apparaît comme mécanique.

Assertion tout aussi gratuite que la première, ou plutôt assertion fausse.

« Il n'existe pas, en effet, dit M. Mach, de phénomène purement mécanique. Quand deux masses se communiquent des accélérations réciproques, il semble qu'il y ait tout au moins là un pur phénomène de mouvement. Mais à ce mouvement sont, dans la réalité, toujours liées des variations thermiques, magnétiques et électriques, qui, dans la mesure où elles se produisent, modifient le phénomène. Inversement des circonstances thermiques, magnétiques, électriques et chimiques peuvent déterminer un mouvement. Les phénomènes purement mécaniques sont donc des abstractions intentionnelles ou forcées dont le but est une plus grande facilité de l'examen. Il en est ainsi de toutes les autres catégories de phénomènes physiques » [2]).

Nous pourrions donc répondre comme suit à l'argument précité :

Toutes les forces de la nature produisent du mouvement local, *concedo;* ne produisent que du mouvement local, *nego*.

Tout se passe comme si l'univers était quantitatif, *distinguo :* en ce sens qu'il se prête directement ou indirectement à la mesure, *concedo;* en ce sens que tout y est homogène et directement mesurable, *nego*.

Donc la réduction de tous les phénomènes au mouvement est légitime, *distinguo :* s'il s'agit d'une simple méthode physique, ou d'un procédé de classification qui n'est pas exclusif des différences spécifiques inhérentes à la réalité, *concedo*. Si l'on donne à cette réduction une valeur objective et exclusive, *nego*.

1) Mach, *La mécanique*, pp. 465-466. Paris, Hermann, 1904.
2) Id., *op. cit.*, p. 465.

On ajoute, il est vrai, que le mouvement est le premier phénomène étudié dans la nature.

Nous aimons à le croire; mais avec M. Mach, nous pensons aussi que « la connaissance la plus ancienne au point de vue historique ne doit pas nécessairement *rester* la base de la compréhension des faits nouveaux » [1]).

Que de fois des phénomènes, qu'on avait cru très simples, ont révélé une étonnante complexité aux regards plus attentifs des physiciens!

Et puis, si la conception mécanique de la nature semble avoir marqué l'aurore du mouvement scientifique, n'est-ce pas, comme le dit M. Duhem, parce que ce mode de représentation s'accommode d'un pouvoir d'abstraction moins développé, et requiert partant moins d'efforts intellectuels?

[1]) Mach, *op. cit.*, p. 465.

ARTICLE II

Arguments tirés de la chimie

§ I

Les poids atomiques. Hypothèse de Proust

164. Hypothèse de Proust. — Les arguments que nous venons d'examiner, tendaient surtout à prouver la réductibilité de tous les phénomènes physiques au mouvement local. Celui-ci vise directement l'homogénéité essentielle de la matière.

En 1815, peu de temps après la découverte de la théorie atomique par Dalton, un chimiste anglais, du nom de Proust, émit une hypothèse où se trouvait renouvelée, sous une forme plus scientifique, la pensée dominante des anciens philosophes grecs.

Les poids atomiques jusqu'ici connus, écrivait ce chimiste, sont tous des multiples exacts de celui de l'hydrogène. N'est-il pas raisonnable de penser que tous nos corps simples sont des produits d'une condensation progressive de cet élément primitif ?

« La relation très particulière de l'hélium avec les radio-éléments nous conduit à admettre, dit Mme Curie, que l'atome d'hélium est un sous-atome dont sont formés les éléments. Nous sommes ainsi ramenés, sous une forme nouvelle, à l'ancienne hypothèse de Proust. Le rôle de l'hydrogène reste encore inconnu ; il paraît à peu près certain que si l'affirmation précédente est exacte pour l'hélium, elle doit l'être aussi pour l'hydrogène » [1]).

[1]) Mme CURIE, *Les radio-éléments et leur classification (Revue du Mois*, juillet 1914), p. 35.

Cette hypothèse était certes pour plaire aux évolutionnistes et notamment aux mécanistes modernes. Quelque avancée en effet que soit la condensation, elle a dû, à coup sûr, sauvegarder la nature fondamentale de la matière primordiale. C'est donc un droit et un devoir pour les hommes de science de regarder tous les principes simples de la chimie, comme autant de masses homogènes [1]).

L'unité essentielle de la matière devenait ainsi la conséquence logique de l'hypothèse. Le mécanisme ne tarda pas à relever ce point important, et en y ajoutant la réduction de toutes les forces physiques au mouvement local, il crut avoir étayé sur des assises inébranlables sa conception de l'univers matériel.

165. Critique de cet argument.— L'opinion de Proust, défendue par Thomson et plus tard par Dumas, cessa bientôt de répondre aux espérances qu'on avait fondées sur elle. Dans le but de la vérifier, Berzélius, Turner, Marignac et surtout Stas [2]) entreprirent toute une série de recherches, soumirent à un examen plus minutieux les poids adoptés par le chimiste anglais et ceux dont la détermination était encore incertaine. Leurs travaux conduisirent à cette conclusion générale : les poids atomiques d'un grand nombre de corps simples ne sont pas des multiples exacts de celui de l'hydrogène et ne peuvent

[1]) De Thierry, *Introduction à l'étude de la chimie*, p. 446. Paris, Masson, 1906. « Que cette matière primordiale s'appelle le *principium* ou qu'elle porte le nom de *pantogène* que lui a donné Hinrichs, la matière est une, la condensation de cette matière primitive et la nature de son mouvement, en s'effectuant sur des bases distinctes, donnent naissance à des éléments différents, elle est partout la même... partout elle se meut, partout elle vibre et ces mouvements, qui nous apparaissent comme inséparables de la matière, sont également l'origine de toute force physique et chimique. » — Cfr. A. Ditte, *Introduction à l'étude des métaux*. Paris, Société d'éditions scientifiques, 1902.

[2]) Stas, *Recherches sur les rapports des poids atomiques (Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, t. X, 1860). — Cfr. L. Henry, *Stas et les lois des poids*. Bruxelles, Hayez, 1899. — Lothar Meyer, *Les théories modernes de la chimie*, t. I, pp. 135 et suiv. Paris, Carré, 1889.

être représentés par des nombres entiers, si l'on prend pour unité le poids de cet élément [1]).

Obligés de renoncer à la forme primitive de l'hypothèse, les chimistes essayèrent de la rajeunir en prenant comme unité, non plus le poids atomique de l'hydrogène, mais un sous multiple, par exemple 0,50 ou 0,25.

La conception nouvelle ne fut pas plus heureuse. Plusieurs poids atomiques, ceux du potassium, du chlore et bien d'autres sont manifestement rebelles à cette règle [2]).

M. Langevin croit que l'évolution des théories électro-magnétiques fournira peut être la raison pour laquelle plusieurs poids atomiques s'écartent des nombres entiers. Cette raison, d'après lui, se trouverait dans les échanges d'énergie interne, et les variations de masse, qui ont lieu lors de la formation des atomes à partir de leurs constituants simples, tels l'hydrogène ou l'hélium [3]).

Il est clair que jusqu'ici il n'y a là qu'une espérance.

« D'ailleurs, écrit M. Wurtz, il faut convenir que cette dernière hypothèse manque absolument de preuves expérimentales, et qu'il faut renoncer à chercher de telles preuves dans des déterminations de poids atomiques à l'aide des méthodes connues » [4]).

[1]) « Cette hypothèse qui eut son temps de vogue, écrit M. Bruylants, fut définitivement rejetée à la suite des travaux de Stas. Il n'est cependant pas inutile d'insister sur l'hypothèse de l'unité de la matière, puisque de nombreuses fois elle fut reprise sous des formes plus ou moins modifiées. »

D'après cet auteur, « les conceptions électroniques de la physique moderne ont mis de nouveau en vedette la vieille hypothèse, et actuellement on peut concevoir les éléments comme des formes plus ou moins différenciées d'une matière initiale unique qui est peut être l'éther lumineux. » Bruylants, *La valence chimique (Revue des Questions scientifiques,* janvier-avril, 1912), p. 145.

Nous examinerons plus loin cette dernière hypothèse.

[2]) Voir la liste publiée par le Comité international des poids atomiques pour 1912 *(Revue générale des Sciences,* 15 novembre 1911).

[3]) Langevin, *Conférence de la Société physique,* 1913.

[4]) Wurtz, *Dictionnaire de chimie,* t. I, p. 474. — Cfr. *La théorie atomique,* p. 38. « Que si maintenant l'idée, dit-il, d'ailleurs saisissante et profonde,

D'après M. Nernst, « cette hypothèse est certainement inexacte, mais il n'en est pas moins vrai que pour beaucoup de corps simples, elle est très voisine de la vérité, ce qu'il est difficile de considérer comme une relation purement fortuite » [1]).

Tel est à peu près l'avis de M. Perrin : « Les déterminations précises qui se sont depuis multipliées, rendent insoutenable, sous cette forme simpliste, l'hypothèse de Proust... Une cause encore inconnue maintient, dans la plupart des cas, les différences des poids atomiques au voisinage des valeurs entières » [2]).

M. Hinrichs, il est vrai, partisan convaincu de l'unité de la matière, a essayé de montrer que, si l'on ne pouvait attribuer aux atomes des poids exprimés en nombres entiers ou un sous-multiple plus simple, il fallait en chercher l'unique raison dans le manque de précision des mesures. Mais cet essai de preuve ne put convaincre M. Le Chatelier. Celui-ci, dans une réplique très serrée, n'eut même point de peine à démontrer que les raisonnements mathématiques de l'auteur ne prouvaient en

d'une matière primordiale dont les sous-atomes se grouperaient en nombre plus ou moins considérable pour former les atomes chimiques de l'hydrogène et des divers corps simples, on voulait attribuer à ces sous atomes un poids inférieur au quart de celui de l'hydrogène, l'égalant par exemple au $^1/_{10}$ de ce poids, je dis qu'une telle hypothèse échapperait, pour l'heure, à toute vérification expérimentale ; car les différences de cet ordre qu'il s'agirait de constater entre les poids atomiques des divers corps simples, tomberaient dans la limite des erreurs d'observation. Bien que raisonnable, une telle hypothèse cesserait d'être légitime et la chimie positive doit abandonner pour le moment ce thème de Proust, ce rêve des Anciens, de l'unité de la matière. »

Cfr. Ostwald, *Grundriss der allgemeinen Chemie*. Leipzig, Engelmann, 1898. « Es bleibt also zur Zeit nichts übrig, als die Zahlen so zu nehmen, wie sie die Versuche geben, und die Frage, welche Ursache die auffällige Annäherung derselben an Multiple des Wasserstoffs bedingen könnte, unbeantwortet zu lassen. » S. 33.

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 209. Paris, Hermann, 1911.

[2]) Perrin, *Les atomes*, pp. 35-36. Paris, Alcan, 1914.

rien cette hypothèse, et qu'au surplus, l'unité de la matière demeure complètement en dehors de la question [1]).

Dans l'état actuel de la science, les rapports atomiques constatés ne fournissent donc aucun appui à la thèse de l'unité de la matière.

Il y a plus. Admettons même que l'on parvienne un jour à découvrir un sous-multiple qui puisse se concilier avec les poids réels de tous les corps élémentaires, il n'y aurait pas encore dans ce fait une preuve évidente que nos atomes actuels proviennent de la condensation d'une matière primitive homogène.

A bon droit, les thomistes, par exemple, y verraient une confirmation nouvelle de leur théorie. Qu'y a-t-il en effet de mieux en harmonie avec la hiérarchie des natures spécifiques que la gradation continue des poids atomiques ?

§ 2

Les relations entre les poids atomiques et les propriétés physico-chimiques de la matière

166. Argument tiré du système périodique de Mendéléeff. — Reprenant l'idée de Newlands, énoncée déjà en 1864, mais sous une forme trop imprécise pour être acceptée, Lothar Meyer et Mendéléeff, en 1869, rangèrent dans un seul cadre tous les éléments d'après la valeur croissante de leurs poids atomiques, et mirent en relief ces deux faits aussi simples que féconds dans leurs conséquences : 1° Les chiffres qui expriment ces poids ne diffèrent les uns des autres que de quelques unités ; 2° Les propriétés physiques et chimiques se modifient graduellement avec l'accroissement des poids atomiques.

[1]) Cfr. *Comptes-rendus, Académie des Sciences*, t. 155, p. 110, 8 juillet 1912.

A première vue, le point le plus saillant de cette découverte est l'influence prépondérante exercée par la quantité de matière sur la variation des propriétés qui servent de base à la classification des corps simples.

Or y eut il jamais fait plus décisif en faveur de l'homogénéité de la matière ? Des différences de masse purement quantitatives entraînent avec elles des différences apparemment qualitatives ; c'est le premier principe du mécanisme.

167. **Exposé de ce système.** — Rappelons d'abord les grandes lignes du procédé suivi par le chimiste allemand dans son essai de systématisation. Nous en déterminerons ensuite l'exacte portée scientifique.

A partir du lithium (voir le tableau, p. 296), les éléments sont placés les uns à la suite des autres, en série horizontale, d'après la progression de leurs poids atomiques, et la sériation se continue dans le même sens aussi longtemps que les termes nouveaux ne présentent point d'analogie réelle avec l'un des termes précédents.

Ce cas se réalise pour tous les corps échelonnés entre le lithium et le fluor. Chacun d'eux diffère de ses voisins par son atomicité, ses propriétés électriques, son énergie chimique.

Mais après le fluor se présente le sodium, en tous points homologue avec le lithium. Comme ce dernier, il est très positif, monovalent, doué de puissantes affinités pour l'ensemble des négatifs. Il prend place sous ce corps et commence une nouvelle série horizontale qui se prolonge, d'après le même principe, jusqu'au chlore.

Au delà du chlore, le potassium, dont on connaît les liens étroits de parenté avec le sodium, constitue le point de départ d'une troisième série horizontale, et ainsi du reste.

Sans jamais interrompre la gradation des poids atomiques, on obtient de la sorte deux espèces de séries : les unes, horizontales, contenant des éléments hétérologues, c'est-à-dire des corps étrangers les uns aux autres et de caractères

disparates ; les autres, verticales, constituées d'éléments analogues et formant une famille naturelle. La première comprend les éléments alcalins, la seconde les alcalino-terreux, la troisième les terreux, la quatrième les carbonides, puis les azotides, les sulfurides, les corps halogènes, c'est-à-dire les grandes classifications admises par tous les chimistes modernes.

Une étude plus détaillée de ce tableau général nous révèle d'autres particularités étonnantes.

Dans les séries horizontales manifestement continues comme le sont les quatre premières, on constate que la différence des poids atomiques, entre deux éléments consécutifs, ne dépasse guère deux ou trois unités.

Se basant sur ce fait, Mendéléeff avait laissé des lacunes ou des places réservées pour des corps à découvrir, partout où l'écart des poids paraissait sensiblement plus considérable. C'est ainsi qu'entre le calcium et le titane il y avait une place inoccupée, deux autres entre le zinc et l'arsenic. Les prévisions furent réalisées et trois nouveaux éléments, le scandium, le gallium et le germanium vinrent remplir les vides. De plus, chose digne de remarque, ces corps présentaient exactement les propriétés que leur avait assignées Mendéléeff d'après celles des corps voisins dans le cadre schématique.

A mesure que l'on descend davantage dans les séries inférieures, les écarts deviennent plus fréquents, parfois même très sensibles. Aussi les lacunes sont-elles nombreuses ; elles attendent la découverte de nouveaux corps simples. *(Voir tableau, page suivante).*

D'un point de vue général, on peut distinguer deux petites périodes continues, formées chacune de sept éléments : l'une s'étend du lithium au fluor, l'autre du sodium au chlore.

Puis, deux grandes périodes dont l'une, composée de dix-sept éléments, va du potassium au brome, et l'autre, formée de seize éléments, s'échelonne entre le rubidium et l'iode. Chacune d'elles est divisée en parties égales par un groupe de trois éléments ayant entre eux d'étroites analogies :

SYSTÈME PÉRIODIQUE [1]).

Lithium 7,03	Glucinium 9,10	Bore 11,01	Carbone 12	Azote 14,041	Oxygène 16	Fluor 19	. . . .	. . . .	. . . .
Sodium 23,06	Magnésium 24,38	Aluminium 27,1	Silicium 28,4	Phosphore 31,03	Soufre 32,06	Chlore 35.453	. . . .	. . . .	. . . .
Potassium 39,14	Calcium 40	Scandium 44,1	Titane 48,1	Vanadium 51,2	Chrome 52,2	Manganèse 55	Fer 56	Cobalt 59 ?	Nickel 59 ?
Cuivre 63,3	Zinc 65,5	Gallium 69,9	Germanium 72,3	Arsenic 75	Sélénium 79,1	Brome 79,963	. . . .	. . . .	. . . .
Rubidium 85,4	Strontium 87,5	Ittrium 88,7	Zirconium 90,7	Niobium 94,2	Molybdène 95,9	. . . .	Ruthénium 103,8	Rhodium 104,2	Palladium 106
Argent 107,938	Cadmium 112,1	Indium 113,7	Étain 118,1	Antimoine 120,3	Tellure 125	Iode 126,86	. . . .	. . . .	. . . .
Caesium 132,9	Baryum 137	Lanthane 138,5	Cérium 140,2	Néodyme 140,8	Praséodyme 143,6	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
. . . .	. . . .	Itterbium 173,2	. . . .	Tantale 183	Tungstène 184	. . . .	Osmium 192	Iridium 193,2	Platine 194,8
Or 197,2	Mercure 200,4	Thallium 204,1	Plomb 206,91	Bismuth 208	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
. . . .	. . . .	. . . .	Thorium 232,1	. . . .	Uranium 239,4	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .

[1]) Le système que nous donnons ici est dû à Lothar Meyer. Il diffère de celui de Mendéléeff en ce que les lignes horizontales prennent chez le chimiste russe une position verticale.

le fer, le cobalt et le nickel d'une part, le rubidium, le ruthénium et le palladium de l'autre. Plus bas dans l'échelle des poids atomiques, se rencontre encore un groupe semblable constitué de l'osmium, de l'iridium et du platine.

Cependant, de toutes les constatations, la plus importante pour nous est celle qui regarde la variation des propriétés.

Si l'on examine par exemple les éléments des deux premières séries sous le rapport de l'atomicité, de la densité, du volume atomique et du caractère électrique, voici les particularités que l'on observe :

	Li	Gl	Bo	C	Az	O	Fl
Atomicité	1	2	3	4	3	2	1
Densité	0,59	1,64	2,68	3,3	?	?	?
Vol. atomique	11,9	5,6	4	3,6	?	?	?
Caract. élect.	+	+	—	—	—	—	—
	Na	**Mg**	**Al**	**Si**	**Ph**	**S**	**Cl**
Atomicité	1	2	3	4	3	2	1
Densité	0,97	1,74	2,56	2,49	2,3	2,04	1,38
Vol. atomique	23,07	13,8	10,6	11,2	13,5	15,7	25,6
Caract. élect.	+	+	+	—	—	—	—

L'atomicité, relativement au chlore ou à l'hydrogène, s'accroît régulièrement de 1 à 4 pour diminuer ensuite de 4 à 1.

Les densités augmentent graduellement de manière à atteindre un maximum vers le milieu des séries ; puis elles diminuent jusqu'au dernier terme.

Quant aux volumes atomiques, qui sont les quotients des poids atomiques par les densités, ils suivent une marche

décroissante et atteignent un minimum vers le milieu des groupes sériés.

Enfin, le caractère électrique, très positif au début de chaque période, s'atténue bientôt et devient très négatif à la fin.

Ce travail dont nous ne donnons ici qu'un court aperçu [1]), fut étendu par les chimistes à presque toutes les autres propriétés de la matière, et le résultat des expériences ne fit que confirmer davantage la belle conclusion énoncée par Mendéléeff : *Les propriétés des éléments se trouvent en relation périodique avec leurs poids atomiques.*

Loin de progresser d'une manière continue du corps simple le plus léger au corps le plus lourd, les propriétés changent de terme en terme, mais de façon qu'au delà d'un certain nombre de corps on retrouve les mêmes propriétés ou tout au moins des propriétés analogues. Elles parcourent donc des cycles ou périodes, et, dans une même période, tantôt la gradation est progressive du premier membre au dernier, tantôt elle est en partie ascendante et en partie descendante.

168. Système périodique rajeuni. — Le système de Lothar Meyer a dû subir des modifications importantes à la suite de la découverte de nouveaux corps simples, notamment du radium et des cinq corps qui forment la famille naturelle des gaz inertes, l'hélium, le néon, l'argon, le krypton, et le xénon. Ces corps, on le sait, n'ont pas d'affinité chimique, ne forment aucune combinaison, ne sont donc ni négatifs, ni positifs. Pour les faire rentrer dans le tableau général et

[1]) Les analogies les plus frappantes apparaissent surtout dans la faculté de former des acides ou des bases. Ainsi la première série verticale comprend les métaux alcalins à caractère basique très prononcé ; la seconde, les alcalino-terreux dont les bases sont aussi très énergiques ; la troisième, les terreux dont les oxydes constituent des bases faibles. La famille du carbone a des oxydes faiblement acides. Les termes de la sixième série présentent un caractère acide très net qui atteint son maximum d'intensité chez les corps de la septième.

éliminer en même temps, des familles naturelles, des éléments qui y prenaient place à raison de leurs poids atomiques, mais en diffèrent considérablement par leurs propriétés, Ramsay [1]) a imaginé une autre classification qui répond assez bien à ces exigences.

Comme on peut le voir d'après le tableau suivant, le radium a sa place dans la famille du calcium à laquelle il se rattache par l'ensemble de ses propriétés, et la famille de l'hélium se trouve interposée entre la famille des corps halogènes très négatifs et celle des alcalins très positifs, formant ainsi la transition de l'une à l'autre.

Notons aussi qu'il existe plusieurs autres essais de classification [2]).

H	He	Li	Gl	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	B	C	Az	O
1	4	7	9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	11	12	14	16
F	Ne	Na	Mg	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Al	Si	P	S
19	20	23	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	27	28	31	32
Cl	A	K	Ca	Sc	Ti	Va	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se
35	40	39	40	44	48	51	52	55	56	59	58,7	63	65	70	72	75	79
Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	?	Rh	Ru	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te
80	82	85	87	89	90	94	96	98	102	103	106	108	112	114	119	120	127
I	X	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	?	?	?	?	Sm	?	Gd	?	?	?
127	128	133	137	139	140	141	144	»	»	»	»	150	»	156	»	»	»
»	»	»	»	Yb	?	Ta	Tu	?	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	?
»	»	»	»	173	»	182	184	»	191	193	194	197	200	204	207	208	»
»	»	»	Ra	»	Th	?	U	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	226	»	232	»	240	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

169. Critique de cet argument. — Que conclure de là ? Que la découverte du savant russe est pour le mécanisme un échec, une preuve manifeste de son insuffisance.

[1]) Ramsay, *La chimie moderne*, 1re partie, p. 70. Paris, Gauthier-Villars, 1909. — Cfr. De Thierry, *Introduction à l'étude de la chimie*, p. 433. Paris Masson, 1909.

[2]) Cfr. Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 213. Paris, Hermann, 1911. — Voir surtout la classification donnée par Mme Curie, *Les radioéléments et leur classification (Revue du mois*, 10 juillet 1914), p. 40.

Puisque la variation des propriétés suit une loi de périodicité compliquée, il n'est évidemment plus permis d'en attribuer la cause à un simple changement quantitatif de matière homogène. Car, de toute nécessité, la progression continue des masses atomiques aurait pour corrélatif soit l'amoindrissement, soit l'enrichissement progressif et continu de leurs propriétés.

Or introduire dans la substance même un principe de différenciation, autre que la quantité, c'est saper par la base la théorie mécanique et souscrire à l'hypothèse des natures spécifiques.

« Après avoir considéré l'établissement du système périodique comme une découverte des plus importantes et cru pouvoir y rattacher de vastes spéculations sur l'unité de la matière, écrit M. Nernst, on est revenu dans ces derniers temps à une conception plus modérée de ces régularités qui, certainement très dignes d'attention, sont encore bien voilées... C'est pourquoi nous voyons avec joie qu'une recherche réfléchie et consciente du but à atteindre s'occupe actuellement de ce sujet d'une importance fondamentale pour la chimie théorique » [1]).

Au surplus, on aurait tort de s'imaginer que cette œuvre de systématisation est arrivée à sa perfection définitive. Telle qu'elle est, elle a sans doute rendu d'immenses services à la chimie, mais on y trouve encore bon nombre de points obscurs, des incertitudes, voire même des anomalies.

« Aucune théorie, jusqu'à ce jour, dit Perrin, n'a rendu compte de cette loi de périodicité » [2]).

« S'il est vrai de dire d'une manière générale, écrit Wurtz, que les propriétés des corps subissent des modifications périodiques avec l'accroissement des poids atomiques, la loi

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 215. Paris, Hermann 1911.

[2]) Perrin, *Les atomes*, p. 37. Paris, Alcan, 1913.

de ces modifications nous échappe, et cette loi ne paraît pas simple ; car, d'une part, on constate que ces accroissements sont loin d'être réguliers, les différences entre les poids atomiques d'éléments voisins variant entre des limites assez étendues, et sans qu'on puisse découvrir des régularités dans ces variations ; d'autre part, il faut reconnaître que les dégradations des propriétés, ou, si l'on veut, les écarts plus ou moins grands entre les propriétés d'éléments voisins, ne paraissent pas dépendre de la *valeur des différences entre les poids atomiques*. Ce sont là des difficultés » [1]).

« Il ne faut jamais oublier dans ces considérations, dit Lothar Meyer, que la loi générale qui régit les relations entre le poids atomique des corps et leurs propriétés est jusqu'ici peu connue... nous ne sommes pas assez avancés pour pouvoir déduire cette théorie d'une ou de quelques lois générales ; nous devons bien plutôt procéder par induction, avec une extrême prudence, et en ayant toujours présente à l'esprit cette pensée de Bacon : « Gestit enim mens exilire ad magis generalia, ut acquiescat, et post parvam moram fastidit experientiam » [2]).

§ 3

L'analyse spectrale du monde stellaire

170. Exposé et interprétation mécanique du fait. — Il s'est produit dans les astres, dit Sir Lockyer, une évolution de la matière inorganique analogue à l'évolution qu'on admet généralement aujourd'hui dans le règne des êtres vivants.

1) WURTZ, *La théorie atomique*, p. 117.

2) LOTHAR MEYER, *Les théories modernes de la chimie*, p. 203. Paris, Carré, 1889. — Cfr. OSTWALD, *Abrégé de chimie générale*, p. 46. « Il faut reconnaître, dit-il, que le système périodique des corps simples n'est aucunement parfait. Il ne faut pas considérer le système périodique comme une conclusion, mais bien comme le point de départ de toute une série d'idées très productives ».

A en juger d'après leurs spectres, les étoiles les plus chaudes contiennent une forme d'hydrogène plus simple que l'hydrogène ordinaire, puis, à côté de cet élément inconnu sur notre globe, l'hydrogène, l'hélium et quelques autres éléments à poids atomique peu élevé.

Dans les étoiles dont la température est immédiatement inférieure, se rencontrent l'oxygène, l'azote, le carbone.

Dans les étoiles moins chaudes se découvrent les formes d'un certain nombre de métaux, tels le fer, le cuivre, le manganèse ; mais ces formes mêmes ne peuvent s'obtenir dans les laboratoires que sous l'influence des plus hautes températures produites par l'étincelle électrique.

Enfin, dans les étoiles beaucoup plus froides apparaissent les caractères ordinaires du fer, du calcium et d'un certain nombre d'autres métaux.

La matière minérale des étoiles revêt donc des formes de plus en plus complexes à mesure que la température s'abaisse. Et puisqu'aux températures les plus hautes, elle se trouve dissociée en particules extrêmement ténues qui constituent le proto-hydrogène, il est permis de regarder ce dernier corps comme le point de départ d'une condensation progressive qui a donné naissance aux corps chimiques actuels.

D'ailleurs, l'expérience le prouve, une même substance, soumise à des températures croissantes donne des spectres très différents, d'autant plus simples que la température est plus élevée.

Il résulte de ces faits que la grande diversité des spectres produits par les diverses étoiles provient, non pas d'une différence essentielle de composition chimique, mais d'une différence d'état de condensation d'une même matière primitive. Aussi, toutes les étoiles sont destinées à parcourir les mêmes stades [1]).

[1]) Sir Lockyer, *L'évolution inorganique*, pp. 87-99, c. IX : la preuve stellaire, 120-127, 188, 248-255, etc... Paris, Alcan, 1905.

171. Critique. L'évolution stellaire n'est pas un fait certain. — L'hypothèse de l'évolution appliquée au monde sidéral paraît certes bien séduisante, et on ne peut nier que les faits dont elle se réclame sont aussi suggestifs.

Cependant, s'impose-t-elle ?

Plusieurs auteurs, entre autres M. Schuster, admettent volontiers les données de l'analyse spectrale, distinguent eux aussi les étoiles gazeuses ou étoiles à hydrogène, et les étoiles moins chaudes ou étoiles métalliques, sans souscrire néanmoins à l'hypothèse d'une dissociation des éléments chimiques, ou d'une évolution progressive.

Pour M. Schuster, par exemple, les différentes étoiles ont une composition chimique *moyenne*. S'il n'y a pas de courants de convection, l'hydrogène le plus léger apparaîtra à la surface, et l'étoile présentera une forme gazeuse. Si, au contraire, des courants de convection produisent un brassage continuel, les vapeurs métalliques sont amenées dans les régions superficielles et l'étoile aura l'aspect métallique [1]).

D'après Arrhénius, le fait invoqué par Sir Lockyer n'aurait même pas du tout la signification que lui donne cet auteur.

« Le spectre des nébuleuses, écrit H. Poincaré, présente en général les raies de l'hydrogène, de l'hélium et d'un autre élément... L'hélium et l'hydrogène, étant des gaz très peu condensables, sont susceptibles d'exister à l'*état gazeux* aux très basses températures que M. Arrhénius attribue aux nébuleuses : à ces températures, tous les autres éléments sont solidifiés ou liquéfiés ; par suite, les parties profondes de la nébuleuse peuvent contenir ces éléments condensés ; mais les parties extérieures ne doivent contenir que les éléments gazeux, c'est-à-dire l'hydrogène et l'hélium. La périphérie de la nébuleuse étant seule lumineuse, d'après M. Arrhénius, il n'est pas

[1]) H. Poincaré, *Les hypothèses cosmogoniques*, pp. 236 et suiv. Paris, Hermann, 1911.

étonnant que le spectre de la nébuleuse ne présente que les raies de ces derniers éléments » [1]).

Au surplus, il importe de noter que si les étoiles les plus chaudes sont riches en hydrogène et en gaz légers, elles contiennent aussi des métaux déjà relativement complexes, tels le calcium, le magnésium, le silicium. Ces métaux apparaissent même avant qu'on ne trouve aucune trace d'autres métaux d'ailleurs plus simples [2]). Il faut donc admettre la persistance simultanée de formes simples et de formes complexes, des stabilités différentes pour des formes très diverses. Ce sont là des difficultés réelles dont la solution proposée par Sir Lockyer reste encore problématique.

Dès lors on comprend que des spécialistes en la matière gardent encore à ce sujet une grande réserve : « Plus on étudie cette question de l'origine des astres, écrit H. Poincaré, moins on est pressé de conclure. Chacune des théories proposées est séduisante par certains côtés. Les unes donnent d'une façon très satisfaisante l'explication d'un certain nombre de faits, les autres embrassent davantage, mais les explications perdent en précision ce qu'elles gagnent en étendue ; ou bien au contraire, elles nous donnent une précision très grande, mais qui n'est qu'illusion et qui sent le coup de pouce » [3]).

« Les conclusions sur l'évolution des astres, que l'on a pu tirer de l'analyse spectrale, dit M. Salet, sont des vues hardies par lesquelles des savants de génie ont cherché à embrasser l'ensemble des phénomènes cosmogoniques ; ce ne sont pas encore des vérités définitivement acquises et basées sur des faits indiscutables.

» Si la notion d'évolution s'impose à notre esprit, c'est comme une conséquence d'une doctrine philosophique cou-

[1]) H. Poincaré, *Les hypothèses cosmogoniques*, p. 248. — Pour l'exposé détaillé de la théorie, cfr. Arrhénius, *L'évolution des mondes*, surtout c. IV, VI et VII. Paris, Béranger, 1910.

[2]) Sir Lockyer, *L'évolution inorganique*, p. 257. Paris, Alcan, 1905.

[3]) H. Poincaré, *ouv. cit.*, p. xx. Paris, Hermann, 1911.

ramment admise aujourd'hui plutôt que comme un résultat d'expérience... La théorie intégrale de l'évolution inorganique admet que les différents éléments, que nous appelons corps simples, ne sont que des états différents d'une même substance élémentaire, qui serait la forme chimique primitive produite par la dissociation, au moyen de la chaleur, de tous les corps chimiques.

» On a déjà donné des noms à cette substance hypothétique que l'on désigne sous le nom de *Protyle*, etc., et qui n'est autre chose que le *Substratum universel* des anciens. Mais, à notre époque, la chimie expérimentale est encore loin de mener à une telle conclusion. Il est vrai que l'exemple du radium a apporté un commencement de preuve à l'appui de cette théorie, mais on ne peut guère tirer de cet exemple isolé et encore douteux de transmutation, des conséquences aussi absolues » [1]).

172. Même si elle était prouvée, l'hypothèse d'une condensation progressive ne justifierait pas encore le mécanisme. — Si la théorie de l'évolution stellaire était fondée, faudrait-il en conclure avec les mécanistes que tous les corps *actuels*, simples ou composés, sont essentiellement homogènes et régis par les lois mécaniques du mouvement ?

Cette conclusion nous paraît absolument illégitime.

Quel que fût son état initial, il est certain que jamais la matière primitive n'aurait pu revêtir graduellement les formes si variées des corps chimiques actuellement existants, si l'on suppose, comme point de départ de l'évolution, une homogénéité parfaite [2]). De l'homogène ne peut sortir que de l'homo-

1) P. Salet, *Spectroscopie astronomique*, pp. 16-17. Paris, Doin, 1909.

2) Parmi les astronomes, les uns attribuent à la nébuleuse primitive une véritable hétérogénéité chimique ; d'autres se contentent d'une hétérogénéité physique ou dynamique. — Cfr. Wolf, *Les hypothèses cosmogoniques*, Paris, Gauthier-Villars, 1886. — Faye. *Sur l'origine des mondes*, Paris, (Gau-

gène, et une action n'est possible qu'entre deux niveaux d'énergie différents.

Dès le début, telle est d'ailleurs l'opinion de la généralité des astronomes, il devait y avoir dans la matière une hétérogénéité au moins accidentelle, affectant les forces mises en jeu par l'évolution.

Or, cette hétérogénéité admise, on s'explique sans difficulté qu'une matière *substantiellement* homogène acquière, sous l'empire des changements accidentels progressifs, des états substantiels nouveaux, et évolue en espèces diverses. La condensation, en réunissant en un même être une somme plus considérable de matière, lui confère aussi plus d'énergie ; cette masse condensée, enrichie de l'apport des forces extrinsèques, peut très bien nécessiter, à un moment donné, un principe essentiel nouveau qui lui donne son unité foncière et sa nature : toute nature, en effet, a son pouvoir de résistance limité, comme elle a ses exigences. Dépasser ces limites ou la dépouiller de ses conditions d'existence, c'est la transformer.

Cette évolution réellement spécifique d'*une* matière primitive *essentiellement* homogène, nous la croyons donc possible, à une double condition : d'abord, à la condition d'une certaine hétérogénéité accidentelle ; en second lieu, à la condition de supposer les vraies individualités primitives douées d'une nature réelle, c'est-à-dire d'un principe essentiel fixatif de l'état qualitatif de l'être, de ses exigences, de sa tendance interne.

A notre avis, la possibilité de pareille hypothèse s'impose même aux partisans de l'unité chimique des composés et de la diversité spécifique des corps allotropes.

Ces philosophes s'accordent, en général, à placer une

thier-Villars, 1896. — Braun, *Kosmogonie*, Münster, 1895. — Du Ligondès, *Formation mécanique du système du monde*. Paris, Gauthier-Villars, 1897. — *Sur la formation du système solaire (Revue générale des Sciences*, 30 mars 1912), pp. 218 et suiv. — Moureux, *Le problème solaire*, Paris, Bertaux, 1900.

différence essentielle entre les divers hydrocarbures saturés, tels C_2H_6, C_3H_8, etc. Or, bon nombre de ces corps sont produits actuellement par condensation progressive d'hydrocarbures plus simples [1]).

Ainsi en est-il des variétés allotropiques de certains corps, notamment du phosphore, du bore, etc. C'est à un simple fait de polymérisation ou de condensation qu'il faut rattacher les différences parfois si profondes, que l'on constate entre les divers états d'un même corps simple [2]).

§ 4

Faits d'allotropie

173. **Caractère de ce phénomène.** — On donne le nom d'allotropie à la propriété que possèdent certains corps simples de se présenter sous des variétés multiples, parfois très diverses. L'oxygène, le soufre, le phosphore et le carbone nous offrent des exemples typiques de ce phénomène.

Ainsi l'on connaît trois sortes de phosphore : le phosphore blanc, le phosphore rouge et le phosphore métallique.

Phosphore blanc. — Densité 1,82 à 1,84. Phosphorescent. Vénéneux. Soluble dans CS_2. Fusible à 44°2'. Inflammable à l'air à 60°.

Phosphore rouge. — Densité 2,10. Non phosphorescent. Non vénéneux. Insoluble. Infusible. Inflammable à 260°.

Phosphore métallique. — Densité 2,34.

Aujourd'hui, on s'accorde généralement à placer la cause de ces différenciations dans l'inégale richesse atomique de la molécule constitutive de ces variétés. Le nombre d'atomes agglomérés dans l'édifice moléculaire, diffère d'une variété à

[1]) Cfr. Duclaux, *La chimie de la matière vivante,* passim. Paris, Alcan, 1910.
[2]) Voir ci-après, § 4, n°s 173 et 174.

l'autre, et ces divers degrés de condensation ont leur répercussion sur les caractères du corps simple.

Or, si un même corps peut, par une simple condensation progressive, donner naissance à des corps différents, pourquoi la matière primitive homogène n'aurait-elle pas pu, par un phénomène semblable, engendrer l'infinie variété des corps chimiques ?

174. **Examen de cette difficulté.** — Distinguons d'abord deux espèces d'allotropie : l'une se trahit par des différences accidentelles d'ordre physique ; plusieurs variétés du carbone amorphe sont dans ce cas. L'autre, au contraire, porte sur l'ensemble des propriétés, y compris l'énergie chimique et la forme cristalline.

S'agit-il de la première catégorie, l'explication mécanique est parfaitement admissible. Ce n'est un mystère pour personne que l'état d'agglomération de la matière peut exercer une réelle influence sur la manière d'être de certaines propriétés physiques, sans causer aucun préjudice à la nature même du corps. Aussi, les changements peuvent varier à l'infini avec les agents qui les provoquent.

Mais il n'en est plus ainsi de la seconde catégorie. L'invariabilité du phénomène thermique qui accompagne le passage d'une variété à l'autre, la diversité des formes cristallines et les altérations profondes des affinités nous montrent que, dans ces cas, les molécules réagissantes ont été soumises à une véritable combinaison chimique.

Or, la constance et la fixité des propriétés physico-chimiques du nouveau composé ne sauraient se concilier avec une conception purement mécanique de la matière. Comment concevoir, en effet, l'invariabilité de pareil corps, en dépit de la variabilité et de la diversité de ses causes, s'il n'y a pas dans les générateurs un principe interne de finalité et d'orientation, un principe fixatif de l'espèce et de ses caractères distinctifs ?

Ainsi qu'il a été dit plus haut, à cette condition, mais à

cette condition seulement, on peut admettre que le monde actuel résulte de l'évolution progressive d'une matière primitive homogène.

Le grand reproche que nous adressons au mécanisme, c'est sans doute d'avoir homogénéisé le monde matériel, mais c'est surtout d'avoir éliminé de la matière commune, initiale — supposée même homogène — ce qu'Aristote appelait, d'un mot, la *nature*, c'est à-dire, cet élément substantiel qui, dans chaque être, est la source des énergies, le principe régulateur des activités, la mesure des résistances.

En éliminant cet élément interne, le mécanisme ne supprime pas seulement, en fait, toute diversité spécifique ; il supprime la toute dernière cause sans laquelle cette diversité n'est même plus possible.

Dans tous les cas d'allotropie chimique, nous croyons donc que les agents physiques surélèvent les tendances naturelles du corps et l'amènent ainsi à abandonner son état normal pour passer à des états substantiels transitoires.

Les allotropies du phosphore sont à ce sujet très instructives. Quand on veut transformer la variété blanche en variété rouge, il faut la soumettre pendant 12 heures à une température moyenne de 240°, ou à l'action prolongée de la lumière. Dans ces conditions, le phosphore blanc perd 19,2 calories par molécule-gramme.

De plus, chose vraiment digne de remarque et qui nous montre bien que, de toutes les variétés allotropiques d'un même corps, une seule constitue pour lui l'état naturel, c'est l'identité des produits issus de la combinaison de toutes ces formes allotropiques avec un même corps hétérogène. En d'autres termes, toutes les différences de l'état libre disparaissent dans les composés.

Enfin, la stabilité relative des diverses modifications semble aussi confirmer cette opinion. Le soufre prismatique, aban-

donné à lui-même, perd peu à peu sa forme cristalline et se revêt de la forme octaédrique, stable à la température ordinaire. L'ozone O_3 est un corps endothermique, éminemment instable, qu'un choc violent, un rayon de lumière ou un peu de chaleur transforme en oxygène.

LIVRE V

Le dynamisme

ARTICLE PREMIER

Exposé du dynamisme

La pensée dynamiste a revêtu des formes multiples. Érigée par Leibniz en un système complet de cosmologie, elle a subi de nombreuses et profondes modifications, surtout au siècle dernier, en sorte qu'à l'heure présente, les idées principielles réellement communes à tous les systèmes se résument en un très petit nombre de propositions.

Afin d'en saisir exactement la teneur, et de discerner à la fois parmi les divergences de vues, celles qui ont une réelle importance cosmologique, retraçons à grands traits les formes originales de cette théorie.

175. Système de Leibniz. — Le dynamisme leibnizien est un système de réaction contre la physique cartésienne [1].

Descartes avait identifié l'étendue avec l'essence du corps. Le philosophe de Hanovre commence par établir que les premiers éléments sont des substances simples, inétendues et partant indivisibles.

[1]) Cfr. Windelband, *Geschichte der neueren Philosophie*, I. B., S. 467. Leipzig, Breitkopf, 1899.

L'extension, dit-il, est la répétition ou la multiplication d'une chose. Or la chose qu'on multiplie est antérieure au fait de la multiplication. De plus, une matière étendue est un tout composé de parties. Or, tout composé présuppose ses composants. La division doit donc conduire finalement à des éléments simples, inétendus, à des monades [1]).

Pour Descartes, les corps sont des masses inertes, dépourvues de tout principe interne d'activité. Pour Leibniz, tous les êtres sont essentiellement actifs.

Seulement, à raison de leur simplicité, les monades ne peuvent être influencées du dehors, car le mouvement implique une modification dans l'ordre des parties intégrantes du corps, et la monade n'a point de parties [2]).

D'autre part, il faut bien reconnaître que les propriétés corporelles sont soumises à des changements incessants. Or, tout effet demande une cause. Fidèle à son principe, Leibniz cherche dans la monade même la cause de ses changements et la regarde comme une force simple, une substance essentiellement active et passive, toujours en action [3]).

Mais quelle est la nature de cette activité interne ?

Elle consiste en des perceptions et des appétitions.

Les perceptions ont pour objet l'univers entier, l'ensemble des êtres qui le constituent, et les relations qui rattachent ces êtres les uns aux autres.

L'appétition est le principe interne qui fait passer la monade d'une perception à une autre perception similaire, tendant ainsi à en élargir constamment le cercle, à réaliser progressivement la fin naturelle de l'être, c'est-à-dire la perception claire de l'univers. Mais il n'est au pouvoir d'aucune substance matérielle d'atteindre cette fin idéale [4]).

Quant à la perfection des monades, elle dépend du degré

[1]) *Œuvres philosophiques de Leibniz*, Lettre écrite en 1693.

[2]) *Ouv. cit.*, *La Monadologie*, p. 595, n. 7.

[3]) *Ouv. cit.*, *De la nature en elle-même*, p. 561.

[4]) *Ouv. cit.*, *La Monadologie*, passim.

de clarté dont sont douées leurs perceptions. Lorsque celles-ci sont suffisamment stables et distinctes, elles engendrent la mémoire et la conscience. Les monades du monde inorganique n'arrivent jamais à pareil degré de développement.

Enfin, quoique l'immanence complète de toutes les activités empêche les corps de s'influencer mutuellement, tout se passe, grâce à une harmonie préétablie par le Créateur, comme si l'ordre de coordination et de subordination était le résultat d'interactions réelles.

176. Système de Kant. — Deux forces, dit Kant, constituent l'essence du corps : la force attractive et la force répulsive.

Une matière donnée occupe un espace déterminé, non par le simple fait de son existence, mais par une force répulsive qui rend cet espace impénétrable à tout élément étranger [1]). L'occupation du lieu est, en un mot, essentiellement active.

D'autre part, comme la force répulsive tend, en vertu de sa nature, à prendre une extension toujours croissante, le corps aurait un volume infini, s'il n'existait en lui une force attractive, destinée à maintenir dans de justes limites sa tendance à l'expansion.

L'union de ces deux énergies est donc indispensable pour constituer un corps, car, sans la première, la seconde le réduirait à un point mathématique. Aussi ces deux forces se trouvent-elles dans tout espace occupé par la matière et dans chacune de ses parties.

Quelle est leur nature ? Quel est leur mode d'action ?

La force répulsive n'agit qu'au contact. La force attractive peut agir aussi à distance. Elles sont spécifiquement distinctes l'une de l'autre.

La diversité des corps tire son origine du mode d'agen-

[1]) Il va sans dire que nous ne nous occupons pas ici de l'orientation subjective que toute cette théorie revêt dans le système de Kant.

cement interne de ces forces contraires. Les propriétés corporelles et les phénomènes si variés auxquels elles donnent naissance se réduisent, en dernière analyse, à ces deux principes constitutifs et à leurs influences réciproques [1]).

177. **Système de Boscovich.** — D'après ce philosophe, les premiers éléments des corps sont simples ou inétendus, absolument indivisibles et distants les uns des autres :

« In immenso vacuo ita dispersa sunt ut bina quaevis a se invicem distent per aliquod intervallum quod quidem augeri potest et minui sed penitus evanescere non potest sine compenetratione ipsorum punctorum : eorum enim contiguitatem nullam admitto possibilem, sed illud arbitror omnino certum, si distantia duorum materiae punctorum sit nulla, idem prorsus spatii vulgo concepti punctum indivisibile occupari ab utroque deberi et haberi veram et omnimodam compenetrationem » [2]).

Ces éléments sont constitués de forces attractive et répulsive dont l'activité est réglée par une loi bien déterminée :

« Lex autem virium est ejusmodi ut in minimis distantiis sint repulsivae atque eo majores in infinitum quo distantiae ipsae minuuntur in infinitum, ita ut pares sint extinguendae cuivis velocitati utcunque magnae, cum qua punctum alterum possit accedere, antequam eorum distantia evanescat ; distantiis vero auctis minuuntur ita ut in quadam distantia perquam exigua evadat vis nulla, tum adhuc aucta distantia mutentur in attractivas primo crescentes, deinde decrescentes, evanescentes, migrantes iterum in attractivas atque per vices in distantiis plurimis sed adhuc perquam exiguis, donec, ubi ad aliquando majores distantias ventum sit, incipiant esse perpetuo attractivae, et ad sensum reciproce proportionales

[1]) Kant, *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Kritik der Urtheilskraft.*

[2]) Boscovich, *Philosophiae naturalis theoria.* P. I, n. 7. Viennae, 1759.

quadratis distantiarum, atque id vel utcumque augeantur distantiae etiam in infinitum » [1]).

Entre ces forces il n'y a pas lieu d'établir de distinction spécifique, vu qu'elles ne diffèrent l'une de l'autre que par la direction de leur mouvement :

« Utraque vis ad eamdem speciem pertinet, cum altera respectu alterius negativa sit, et negativa a positivis specie non differant. Alteram negativam esse respectu alterius, patet inde, quod tantummodo differant in directione quae in altera est prorsus opposita directioni alterius » [2]).

Ici, comme le contact immédiat est physiquement impossible, l'action se fait toujours à distance [3]).

Selon Boscovich, la diversité des phénomènes provient des modes variés d'après lesquels ces énergies primordiales se combinent entre elles et sont influencées par les autres corps. Aussi, bien que la matière soit homogène, les corps se différencient, par le nombre des forces associées, par l'agencement de leurs éléments constitutifs, par leurs rapports avec les énergies qui les environnent.

178. Système du P. Carbonnelle. — Comme il l'avoue lui-même, l'auteur de ce système s'est visiblement inspiré des idées de Boscovich pour qui il ne cache pas son admiration. « On a vraiment peine à croire, dit-il, qu'un homme ait pu, au milieu du XVIIIe siècle, s'élever à cette hauteur ; mais, d'autre part, on s'étonne qu'il ait pu s'y arrêter. Car si nous faisons abstraction de la loi détaillée qu'il attribue aux variations de la force centrale dont chacun de ses atomes est le siège, nous devons reconnaître dans ce passage une portion essentielle, et des plus importantes, des principes qui sont aujourd'hui reçus dans la science » [4]).

[1]) *Loc. cit.*, n. 10.
[2]) *Ibid.*, n. 107.
[3]) *Ibid.*, n. 101.
[4]) CARBONNELLE, *Les confins de la science et de la philosophie*, 3e édit., t. I, L. I, c. II, p. 91. Paris, Palmé.

En fait, la principale modification que le P. Carbonnelle apporte à cette théorie, en vue de mieux l'adapter aux découvertes modernes, consiste dans la distinction de deux sortes de matière : l'une la matière pondérable, l'autre la matière impondérable ou l'*éther*.

« L'atome pondérable, écrit-il, placé au sein de l'éther condense, par attraction, un certain nombre d'atomes éthérés qui désormais forment autour de lui comme une atmosphère. Entre deux atomes ainsi entourés une force intervient, composée 1° de leur action mutuelle, 2° des attractions que chacun d'eux exerce sur l'atmosphère de l'autre, 3° de la répulsion mutuelle des deux atmosphères. Si la distance est telle que cette dernière force soit inférieure à la somme des deux autres, les deux systèmes se rapprocheront, mais il arrivera nécessairement un moment où les deux atmosphères seront suffisamment voisines pour faire prédominer la répulsion. A cette distance les deux systèmes forment une figure d'équilibre » [1]).

Les atomes primitifs de ces deux espèces de matière sont des forces simples, des centres d'action inétendus.

Sans se prononcer ouvertement pour l'hypothèse qui rattache la formation des atomes pondérables à la condensation progressive d'une matière homogène, le savant Jésuite lui accorde cependant une réelle probabilité.

Il admet aussi avec Boscovich que le contact interatomique est impossible, et que par conséquent toutes les forces agissent à distance.

Enfin, « tous les phénomènes matériels, ajoute-t-il, se réduisent en dernière analyse à des mouvements mécaniques dont les mobiles sont des atomes de deux classes seulement, appelés pondérables ou impondérables suivant la loi qui les régit » [2]).

[1]) Carbonnelle, *Les confins de la science et de la philosophie*, c. II, p. 151.
[2]) *Ouv. cit.*, c. II, p. 99.

179. **Système de Hirn.** — Le dynamisme du célèbre physicien français a une physionomie propre. Il est en quelque sorte la fusion en une seule théorie de deux systèmes : le dynamisme pur et l'atomisme dynamique.

Pour Hirn, les atomes chimiques sont de petites masses réellement étendues, douées d'un volume invariable mais ne possédant en elles-mêmes aucun principe d'activité.

En dehors de ces unités primitives absolument inertes, il existe dans le monde inorganique quatre espèces de forces : la pesanteur, la lumière, la chaleur et l'électricité.

Ce serait une erreur de croire que ces énergies constituent des modalités de la matière et ne trouvent qu'en elle leur point d'appui naturel. Elles ont au contraire une existence isolée et indépendante, si bien qu'on les rencontre partout dans l'espace infini, là où la matière fait défaut.

Principes intermédiaires, ces forces ont pour mission de maintenir les distances interatomiques, de déterminer les relations qui existent entre les parties d'un même corps, de présider aux phénomènes d'attraction, de répulsion, aux combinaisons chimiques, enfin à cette riche collection de faits dont la mécanique céleste, la physique mécanique et la chimie se sont partagé l'étude [1]).

De plus, à l'exception de la pesanteur, chacune de ces forces est susceptible d'un mouvement spécifique qui se produit toutes les fois qu'elles passent à un nouvel état d'équilibre. Lorsque ce mouvement se réalise entre deux corps distincts, il révèle à l'un l'existence de l'autre : tel le cas de la photographie. A ce titre, ces trois forces portent encore le nom de *principes révélateurs* [2]).

180. **Système du P. Palmieri.** — Avec la généralité des dynamistes, le P. Palmieri ne voit dans la matière inanimée

[1]) Hirn, *Analyse élémentaire de l'univers,* sixième esquisse, pp. 133 et suiv. Paris, Gauthier, 1868.

[2]) *Ouv. cit.,* p. 135.

que des forces simples, réellement indivisibles et isolément subsistantes.

Il s'écarte cependant des autres opinions en deux points essentiels qui assurent à son système une place spéciale dans l'histoire du dynamisme, et le mettent en même temps à l'abri de plusieurs critiques fondamentales auxquelles les autres systèmes prêtent naturellement le flanc.

1° On connaît l'ingénieuse hypothèse par laquelle le P. Palmieri essaie de concilier l'unité des composés avec la persistance actuelle des composants. Pour que deux êtres, dit il, participent à une commune unité, sans perdre toutefois leur individualité respective, il suffit qu'une union étroite s'établisse entre leurs principes fonciers d'activité, de manière que des actions nouvelles jaillissent de ce couple comme d'une cause vraiment une. Ils formeront de la sorte une nature nouvelle et par suite un être nouveau, celui du composé, où cependant se retrouvent intactes les diverses substances composantes [1]).

2° A l'effet de justifier notre croyance à la perception de l'étendue, le savant auteur recourt à une autre hypothèse non moins séduisante.

Sans doute, les atomes élémentaires sont simples et absolument indivisibles. Mais ils découpent chacun un volume déterminé dans l'extension spatiale, en ce sens que, par leur force de résistance, ils rendent impénétrable la sphère d'action dans laquelle ils existent. L'atome se trouve donc tout entier dans la portion d'espace qui lui est propre, et tout entier dans chacune de ses parties. Son extension est ainsi *virtuelle*.

De la sorte, rien ne s'oppose à ce que les êtres se touchent sans se confondre, et que toute action se produise uniquement au contact.

Notons encore que dans ce système, tout élément primor-

[1]) PALMIERI, *Institutiones philosophicae,* c. II, t. XVI. Romae, 1875.

dial est pourvu de trois propriétés essentielles : l'étendue virtuelle, la force de résistance et la force restrictive.

181. **Conclusions générales.** — Sous les formes variées du dynamisme, on ne découvre qu'un petit nombre de propositions qui puissent être considérées comme la trame essentielle de ce système cosmologique :

1° Il n'existe dans l'univers que des éléments ou groupes d'éléments simples, *réellement* inétendus [1]).

2° La force constitue toute leur essence [2]).

3° La plupart des dynamistes sont partisans de l'action à distance. Plusieurs cependant, tels Leibniz et le P. Palmieri, la rejettent.

4° Enfin, les phénomènes, quelle que soit d'ailleurs leur diversité, résultent du conflit des forces élémentaires et ne sont en réalité que des modes de mouvement.

[1]) En tant que dynamiste, Hirn partage aussi cette opinion. Mais pour les atomes chimiques, il fait exception à la règle générale et souscrit au mécanisme ordinaire.

[2]) Comme on a pu le remarquer, les dynamistes sont loin de s'entendre sur la nature et le nombre des forces primordiales. Actuellement, il y a, chez les physiciens, une tendance à supprimer toute distinction spécifique et à n'admettre dans les atomes que deux forces, l'une attractive, l'autre répulsive.

ARTICLE II

Critique du dynamisme

PREMIÈRE PROPOSITION : IL Y A DE L'ÉTENDUE FORMELLE DANS LE MONDE DE LA MATIÈRE

182. **Première preuve, tirée du témoignage de la conscience.** — En général, les dynamistes reconnaissent, qu'au moins dans le domaine de la sensation, les corps nous apparaissent comme des réalités répandues dans l'espace, affectées d'étendue. Cette extension phénoménale ou subjective est d'ailleurs un fait tellement évident qu'il s'impose à la conscience de tout homme, et persiste avec son caractère distinctif, même sous le regard de la réflexion.

Or, nous avons le droit et le devoir d'ajouter foi au témoignage des sens, de voir dans les représentations sensibles des copies du monde externe, aussi longtemps que la métaphysique ou les sciences n'en établissent point l'inexactitude ou la fausseté par des preuves péremptoires. Car nos puissances organiques, qui nous mettent directement en relation avec le milieu ambiant, sont des puissances passives dont les réactions vitales se mesurent exactement aux influences reçues, lorsqu'elles se trouvent dans les conditions normales d'exercice

L'étendue phénoménale est donc un effet interne auquel doit correspondre une cause externe proportionnée.

Or, nous le montrerons bientôt, aucune des difficultés soulevées par le dynamisme n'est capable d'infirmer l'objectivité réelle de ces données sensibles [1]).

[1]) Cfr. A. LEHMEN, S. J., *Lehrbuch der Philosophie auf aristotelisch-scholastischer Grundlage.* II. B., I. Abteilung : *Kosmologie und Psychologie,* S. 28. Freiburg im Breisgau, Herder, 1911.

Il y a plus. Dans l'hypothèse dynamiste, la perception d'une étendue, même purement phénoménale, est une anomalie inexplicable.

Quelle en serait en effet la cause ? Les sens ? Mais si la théorie est vraie, ils sont, eux aussi, constitués d'éléments inétendus qui ne possèdent, ni formellement, ni à l'état embryonnaire, les parties intégrantes de l'extension continue.

Est-ce peut-être l'influence combinée des agents externes ? Ici encore on ne rencontre que des principes simples dont les actions inétendues se confondent en un point indivisible dès qu'elles se touchent.

Impossible par conséquent de rattacher ce phénomène à une cause réelle, soit en nous, soit en dehors de nous [1]).

183. **Objection.** — Il résulte de nombreuses expériences qu'aucun corps de la nature ne jouit d'une réelle continuité. Les masses les plus compactes contiennent des pores, en nombre parfois considérable relativement au volume des atomes et des molécules. Partout où nous croyons découvrir de la matière occupant un espace sans vide ni séparation, il existe en réalité une multitude actuelle d'individualités indépendantes, dont l'ensemble paraît continu, précisément à cause de leur multiplicité et de leur petitesse.

L'illusion des sens est manifeste, l'étendue des corps est apparente [2]).

A notre avis, le fait mentionné ne soulève aucun doute ; mais la conclusion dépasse les prémisses.

1) M. Lechalas est aussi un adversaire décidé du continu. Cfr. son *Étude sur l'espace et le temps*, notamment le c. VIII : Critique de l'infini et du continu. Paris, Alcan, 1910.

2) Voir sur la réalité du continu un excellent article de l'abbé de Broglie, *Atomisme et Dynamisme (Annales de philosophie chrétienne*, mai et juillet 1885).

A lire aussi une savante discussion sur le même sujet de l'abbé Farges : *L'idée du continu dans l'espace et le temps :* « Nature de la quantité », pp. 105 et suiv. Paris, Roger.

Dans le monde minéral, la vraie continuité n'appartient qu'aux atomes des corps simples et aux molécules des corps composés, en sorte que toute masse sensible est un agglomérat de particules, dans lequel on conçoit sans peine des vides apparents, comblés par l'air ou l'éther invisible.

Nos sens, incapables de percevoir les joints et les petits intervalles qui brisent l'extension des corps naturels, sont donc imparfaits. Néanmoins, cette imperfection ne diminue en rien l'objectivité réelle de la perception de l'étendue puisqu'en somme tous les agents externes, masses atomiques ou moléculaires, jouissent réellement de cette propriété [1]).

L'effet global produit dans nos organes sensoriels reçoit ainsi dans la théorie du continu une explication complète. La représentation subjective du continu a sa cause réelle : c'est l'influence de particules, douées chacune d'extension continue. D'autre part, l'absence des divisions que comporte la réalité a sa raison d'être dans les limites imposées par la nature à la sensibilité de nos puissances organiques

184. **Deuxième preuve, tirée de l'unité.** — La doctrine dynamique porte un coup fatal à l'unité des êtres supérieurs.

Entre les milliers d'atomes inétendus qui concourent à la constitution des individus de l'ordre végétatif et sensible, il n'y a que deux sortes de relations spatiales possibles : ou bien les relations de contact, ou bien les relations de distance. Or les deux hypothèses sont incompatibles avec l'individualité organique.

Admet-on le contact, alors tous les indivisibles se fondent en un point mathématique, et le corps vivant disparaît de l'espace : deux indivisibles en contact, coïncident suivant la totalité de leur être. De plus, chaque élément simple, étant

[1]) Cfr. Mielle, *De substantiae corporalis vi et ratione. — De objectivitate quantitatis continuae,* pp. 274 et suiv. Lingonis, Rallet, 1894.

réfractaire à toute transformation, garderait encore sa subsistance propre.

Les atomes, au contraire, se tiennent-ils à distance, alors il est clair que pareil assemblage contient une collection d'individus complètement étrangers les uns aux autres, privés même de toute communication, à moins qu'on ne suppose la possibilité de l'action à travers le vide, hypothèse physiquement irréalisable.

185. Que penser de l'« étendue virtuelle » ? — La théorie du P. Palmieri et des dynamistes qui avec lui souscrivent à l'*étendue virtuelle,* échappe à la plupart des critiques émises jusqu'ici.

Doué de cette sorte d'étendue, l'atome, malgré son indivisibilité absolue, n'est plus une entité dépourvue de tout volume réel. Il occupe un espace déterminé, et dans chacune des parties de cet espace il réside tout entier, défendant par sa force de résistance l'inviolabilité de son département spatial. Or semblables atomes peuvent se toucher sans se confondre, déterminer dans nos organes la perception d'une étendue apparente, remplir en partie le rôle que nous assignons au continu formel.

Cependant, à côté de ces écueils où les autres formes du dynamisme ont échoué, il en est d'autres auxquels doit fatalement se heurter cette conception nouvelle.

D'abord, comme dans les autres systèmes, l'unité essentielle devient le privilège des masses atomiques, et les efforts tentés par le savant Jésuite pour concilier l'indéniable unité des êtres vivants avec la complexité de leurs éléments constitutifs intransformables, ont été incapables de lever la contradiction réelle de cette hypothèse [1]).

En second lieu, et ce n'est pas le moindre reproche que nous ayons à leur faire, les palmiéristes suppriment logique-

ment toute distinction essentielle entre le monde des esprits et le monde de la matière en accordant à tous les êtres un même mode d'existence.

Il n'y a plus de différence à établir, en effet, au point de vue de la perfection subsistentielle, entre l'âme humaine et l'atome chimique, si l'une et l'autre ont la propriété naturelle de s'approprier un espace déterminé, et de résider dans chacune de ses parties avec l'intégralité de leur substance. Notre âme, dans son état d'union avec le corps, n'a évidemment d'autre mode de présence.

C'en serait donc fait de la prérogative de la spiritualité que nous attribuons à l'âme, et qui est tout à la fois la raison dernière du caractère distinctif de nos pensées et de nos volitions, le fondement de la réflexion, la garantie de notre immortalité. Ou tout au moins, nul ne comprendra pourquoi les corps seraient privés des manifestations de la vie intellective ou raisonnable, attendu que, suivant l'adage *operatio sequitur esse,* les mêmes natures se révèlent par les mêmes activités.

Sous ce rapport, pour avoir attribué aux monades la perception et l'appétition, Leibniz fut, sans contredit, le plus conséquent des dynamistes.

186. Arguments des dynamistes contre l'étendue réelle. — L'objectivité de l'étendue est une des doctrines qui ont été combattues avec le plus de vigueur et par les voies les plus diverses. On peut s'en faire une idée en parcourant les nombreuses objections qui seront discutées plus tard au cours de l'étude de cette propriété [1]).

Qu'il nous suffise d'examiner actuellement une difficulté, qui tient au cœur même du dynamisme.

La force, écrit Magy, est une réalité absolument simple ;

[1]) Cfr. D. Nys, *Cosmologie,* t. II. § Étude spéciale des propriétés. La quantité.

l'étendue, au contraire, possède une triple dimension et se soumet à un fractionnement indéfini. La force est essentiellement active, l'étendue est synonyme de passivité, de complète inertie. « Ou le plus évident des axiomes, que les contradictoires ne peuvent exister dans un même sujet, est ici en défaut : ou on est contraint de reconnaître qu'au point de vue métaphysique, la force et l'étendue ne peuvent être attribuées l'une et l'autre aux objets de l'expérience avec une certitude égale ou univoque : c'est à-dire que, si l'une d'elles, par exemple la force, est une propriété intrinsèque des êtres... l'étendue au contraire n'en est qu'une propriété apparente » [1]).

Le défaut de cette argumentation consiste à faire de l'étendue et de la force deux réalités opposées, ou mieux exclusives l'une de l'autre, alors qu'elles sont simplement de nature différente.

La force, dit-on, est « une réalité absolument simple ».

Première assertion gratuite, démentie par l'expérience !

Le concept de force nous représente uniquement *un pouvoir d'action,* une énergie capable de produire certains effets ; mais, comme tel, il ne nous révèle point le mode d'être naturel suivant lequel ce pouvoir se trouve réalisé. Que la force existe normalement sous forme d'un point mathématique, qu'elle occupe une portion déterminée de l'espace, son concept n'en est pas moins étranger à toutes ces relations spatiales ; il en fait abstraction.

De là cette aptitude réelle qu'il possède, soit à désigner des énergies réellement étendues, telles les forces physiques et mécaniques, soit à exprimer des forces d'une nature éminemment simple, telles l'intelligence et la volonté.

Supposer la simplicité réelle et absolue de toutes les forces existantes, et cela, sans sortir de l'analyse du concept, c'est y introduire une note qui n'y est point contenue et exclure,

[1]) Magy, *De la science et de la nature,* p. 191.

sans raison, de ces éléments réalisés, un mode d'existence qui peut leur être tout à fait naturel.

Quand on veut trancher la question de fait, il faut donc consulter les phénomènes, recourir à l'expérience. Or, les dynamistes sont forcés de le reconnaître, toutes les activités corporelles se manifestent à nous comme si elles étaient réellement étendues [1]).

Quant à l'étendue, son rôle essentiel est de répandre dans l'espace tout ce qu'elle affecte, quelle que soit d'ailleurs la *nature* de la chose localisée. D'elle-même, elle ne renferme aucun principe dynamique, maie elle est indifférente à l'égard du caractère passif ou actif des substrats matériels où elle est reçue. C'est pourquoi les énergies corporelles aussi bien que la quantité inerte peuvent en être les sujets appropriés.

La force et l'étendue sont donc des réalités distinctes, parfaitement compatibles entre elles.

DEUXIÈME PROPOSITION : L'ESSENCE DU CORPS NE CONSISTE PAS UNIQUEMENT DANS UNE FORCE, OU DANS UN ENSEMBLE DE FORCES ACTIVES ; ELLE IMPLIQUE UN ÉLÉMENT PASSIF

Cette proposition, antithèse du dynamisme, constitue une des données essentielles du thomisme. En harmonie avec les considérations émises plus haut sur la nature et l'existence de l'étendue, elle s'appuie en outre sur les arguments qui seront invoqués ailleurs en faveur de l'hylémorphisme [2]).

[1]) « L'étendue, dit Balmès, comprend deux choses : la multiplicité et la continuité.

» Nous pouvons admettre que les points inétendus produisent la première, mais il s'agit de définir la continuité, phénomène que l'*intuition sensible* nous présente, avec une évidence irrésistible, comme la base des représentations de l'imagination. » BALMÈS, *Philosophie fondamentale*, t. II, l. 3, c. 24, p. 97. Liége, Lardinois, 1853.

[2]) Cfr. D. NYS, *Cosmologie*, t. II, c. IV. *Preuves de la théorie scolastique.*

En somme, toutes les difficultés soulevées contre elle se résument en une seule. Examinons-la.

187. Objection du dynamisme. — « Nous ne connaissons les corps que par les actions qu'ils exercent sur nos organes. » Tout autre aspect, toute propriété incapable de nous impressionner nous sont totalement inconnus. Les corps se manifestent donc, et d'une manière exclusive, comme des principes d'activité [1]).

Tel est le fait auquel tous les dynamistes anciens et modernes attachent une importance primordiale.

188. Critique. — Pour arriver à la science de la matière, l'homme dispose de deux moyens : les sens d'une part, l'intelligence de l'autre. Les connaissances obtenues par la première voie sont immédiates ; c'est le produit brut des agents externes, unifié et synthétisé par le sens commun. Les autres sont le fruit d'un raisonnement, basé sur les éléments fournis par la sensibilité, susceptible par conséquent de s'étendre à des réalités, laissées dans l'ombre par la sensation.

Or, est-il vrai que ces deux sortes de facultés donnent gain de cause au dynamisme ?

Que trouvons-nous dans les données sensibles ? Des phénomènes, dus à l'action du milieu ambiant, doués tous d'une étendue réelle. Que faut il en conclure, sinon que les corps nous influencent par des forces *répandues dans l'espace ?*

1) Ubaghs, *Du dynamisme*, 2e éd., p. 24. Louvain, 1861. — Cfr. Ostwald, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, S. 146. Leipzig, 1902. « Was findet sich, dit-il, am allgemeinste in den Dingen der Aussenwelt, was ist also die allgemeinste Substanz ? und : Wodurch unterscheiden wir die Dinge der Aussenwelt von einander, also (in bestimmende Sinne) was ist das allgemeinste Accidenz ?

» Die Antwort auf beiden Fragen ist nach dem Stande des heutigen Wissens in einem Worte zu geben, in dem Worte : *die Energie.*

» Die Energie ist die allgemeinste Substanz, denn sie ist das Vorhandene in Zeit und Raum, und sie ist das allgemeinste Accidenz, denn sie ist das Unterschiedliche in Zeit und Raum. »

L'étendue, dira-t-on, jouit-elle d'un pouvoir dynamique ? Non sans doute, et ce caractère distinctif prouve combien les dynamistes ont tort de bannir de la nature tout ce qui n'est point force. Dépourvue, par elle-même, de toute énergie réelle, elle est néanmoins inhérente à tous les pouvoirs d'action, si bien que toutes nos forces matérielles, sans exception, se trouvent dans l'impossibilité physique de produire un effet privé de cette propriété. Nier cette liaison reviendrait à dire qu'une force corporelle naturellement étendue peut, en agissant, se dépouiller des conditions essentielles de son existence, se transformer en un élément simple.

La force agit donc, non par l'étendue, mais par sa nature dynamique étendue.

Cela posé, si les dynamistes se croient autorisés à déduire du fait de l'activité des corps, l'existence de substances actives, nous avons le même droit d'inférer de l'étendue, principe de passivité et d'inertie, la présence dans le corps d'un second élément constitutif, intimement uni au premier, mais essentiellement passif.

En second lieu, la passivité de la matière est pour nous tout aussi manifeste que son activité.

De même que nous subissons l'influence des causes externes, ainsi les corps de l'univers sont à l'égard l'un de l'autre dans les relations d'agent et de patient. Aucun n'agit sans qu'un autre reçoive son action, et tandis que le corps influencé réagit contre son moteur, celui-ci change de rôle, et à son tour devient passif.

Enfin, voulons-nous sortir du domaine de la sensibilité où les faits se concilient si aisément avec la supposition de l'étendue réelle, faire appel à l'analyse de l'ordre cosmique, élaborée par l'intelligence, alors la probabilité de la conception dualiste de la matière paraît se changer en certitude.

TROISIÈME PROPOSITION :

L'ACTION A DISTANCE EST PHYSIQUEMENT IMPOSSIBLE

189. Sens de cette proposition. — Distance est ici synonyme de vide absolu, et la question qui se pose est de savoir si des corps, séparés l'un de l'autre par un intervalle vide de toute réalité, peuvent exercer l'un sur l'autre une influence réelle.

Ce problème se prête à une double interprétation :

1° L'action à distance n'est-elle pas en opposition avec certaines lois du monde de la matière ? En d'autres termes, est-elle *physiquement* possible ?

2° Supposé que le contact immédiat soit, pour tous nos agents matériels, une condition indispensable d'action, au moins ne serait il pas au pouvoir du Créateur de l'éliminer ? Ce qui revient à se demander si l'action à distance n'est pas *métaphysiquement* possible.

Selon nous, des faits irrécusables établissent l'impossibilité physique de pareille activité. Mais jusqu'ici on n'a donné aucune preuve péremptoire de son impossibilité métaphysique.

190. Les arguments « a priori », tendant à prouver l'impossibilité absolue de l'action à distance, paraissent insuffisants. — Sur le terrain de la métaphysique, la question s'énonce de la manière suivante : Le concept d' « activité transitive » implique t-il nécessairement la notion de contact immédiat ? [1]).

[1]) S. Thomas paraît admettre l'impossibilité métaphysique de l'action à distance. « Oportet enim, dit-il, omne agens conjungi ei in quod immediate agit, et sua virtute illud contingere. » « Dicendum quod nullius agentis, quantumcumque virtuosi, actio procedit ad aliquid distans, nisi in quantum

Or l'analyse complète de ce concept ne nous autorise point à trancher cette question.

Que suppose cette sorte d'activité ? Un agent dans lequel réside la force active et d'où émane l'influence causale. Un patient qui la reçoit. Et entre l'effet et sa cause, une relation de proportionnalité exprimée par le principe de causalité.

Comme l'action n'est pas immanente, mais transitive, l'*effet* se réalise tout entier dans un sujet récepteur, distinct de l'agent, naturellement situé dans l'espace en dehors de lui.

Quant à la *force* mise en jeu, nous ne pouvons la concevoir ailleurs que dans l'être agissant. Car si elle est accidentelle, elle dépend intrinsèquement de son sujet d'inhérence. Si elle est substantielle, elle s'identifie avec lui.

Il y a encore, objectera-t-on peut-être, le passage de l'action de l'agent au patient !

De quel transfert s'agit-il ? Le terme produit existe-t-il jamais en dehors du patient ? La cause efficiente ne se modifie point en agissant, et ne fait passer dans le sujet récepteur aucune réalité accidentelle dont elle aurait été elle-même la dépositaire. Autrement, toute activité efficiente se réduirait à un simple déplacement de réalités préexistantes, à une migration d'accidents. Ou, tout au moins, cette activité serait toujours immanente, car l'agent lui-même en retirerait les premiers bénéfices.

Il ne se fait donc aucun transfert, aucun passage : l'effet *naît* et se consomme tout entier dans le sujet, dépendamment d'une cause externe qui, elle, ne subit aucune modification du chef de son action [1]).

Or, dans cette analyse, nous n'avons découvert, comme condition essentielle d'activité, ni le contact, ni la distance ;

in illud per medium agit ». *Summa theol.*, Ia P., q. 8, a. 1. — Ailleurs il dit encore : « Nullum corpus agit nisi tangendo et movendo. » *Summa theol.*, Ia P., q. 45, a. 5.

[1]) Les altérations de la cause efficiente sont toujours le résultat de la réaction qu'exerce le patient sur le moteur.

et, à bon droit, l'on se demande en vertu de quel principe analytique on ferait intervenir l'une ou l'autre de ces conditions.

A la lumière de ces données, il est facile de montrer que tous les arguments *a priori* reposent sur une fausse conception de l'activité, ou ne sont que des pétitions de principe.

Premier argument. — D'évidence, l'être agit là où il est. Or l'hypothèse de l'action à distance est la négation formelle de cette vérité.

Distinguons d'abord le double sens du terme « agir ». Si le corps agit à distance, l'action, c'est-à-dire la force active, ou l'action considérée dans son principe, sera là où n'est point le corps, *nego :* cette force est inséparable de son sujet. — L'action, c'est-à dire l'effet réalisé sous l'influence de la cause, sera en dehors de l'agent, *concedo*. Et cela est vrai pour toute théorie, sinon, toute action serait immanente, resterait dans le sujet qui la produit.

Enfin, veut-on signifier par là que l'agent doit être en contact immédiat avec le terme de son activité ? On affirme alors gratuitement ce qui est en question.

Deuxième argument. — L'action à distance est possible, à la condition que l'effet se transmette à travers le vide de l'agent au patient. Or semblable supposition est une absurdité.

A notre connaissance, nul dynamiste moderne n'a commis cette grossière erreur. Les partisans de ce système éprouvent d'autant moins le besoin de l'admettre, que ce prétendu transfert est un pur produit de l'imagination. L'effet apparaît dans son sujet récepteur, et pas ailleurs. Il n'a à traverser ni le vide ni le plein.

Les adversaires de l'action à distance confessent à l'unanimité que toute action des causes secondes dépend essentiellement pour se produire, d'un sujet récepteur, qu'elle naît donc dans ce sujet et s'y consomme. A aucun moment, ils ne supposent cette action en dehors du patient. Pourquoi donc, dans

le cas présent, abandonnent-ils leur principe d'ailleurs indiscutable, pour supposer l'action produite dans le vide et transmise ensuite au patient ?

On dira peut-être : cette supposition s'impose, puisque la distance empêche le patient de recevoir immédiatement l'effet.

Mais n'est-ce pas tout juste ce qui est en question ? [1]). Un agent peut il influencer directement, immédiatement un patient qui, en fait, est éloigné de lui? Voilà le problème à résoudre.

Troisième argument. — L'agent, pour altérer le patient, doit exercer sur lui son influence. Or, cela ne se conçoit pas sans contact immédiat.

La majeure de cet argument est indiscutable et admise par tout le monde. La conclusion est le point en litige. Affirmer, n'est point prouver.

191. L'hypothèse de l'action à distance est contredite par l'expérience. — Toutes les forces corporelles sont régies par une loi d'une application constante, et que voici : L'intensité de l'action qu'un corps exerce sur un autre, diminue à mesure que la distance augmente ; elle s'accroît au contraire à mesure que la distance diminue [2]).

Or, ce fait est inexplicable dans l'hypothèse de l'action à distance, entendue au sens rigoureux du terme.

[1]) Cette « pétition de principe » est très commune. Elle se retrouve, croyons-nous, dans le principal argument invoqué par le P. Pesch en faveur de la thèse antagoniste « Si l'action qui procède de l'agent, dit-il, n'avait pas son terme dans une chose présente, elle l'aurait dans le néant : en effet, relativement au lieu où elle n'est pas, une chose est comparable au néant. » Cfr. Pesch, *Institutiones philosophiæ naturalis,* vol. I, p. 76. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1897.

La réplique, nous semble-t-il, est facile. Les partisans de l'action à distance pourraient se contenter de répondre : le terme d'une activité transitive doit toujours se trouver en dehors de l'agent. Qui nous prouve, qu'à défaut de contact immédiat, ce terme tomberait dans le vide absolu ?

[2]) En règle générale, elle est en raison inverse du carré des distances.

Sans altérer les dispositions internes de l'agent et du patient, faisons varier l'intervalle qui les sépare. Au reste, le vide, grand ou petit, n'étant rien, ne peut les modifier.

Considérée dans l'agent, l'action va revêtir une intensité invariable et indépendante de la distance, car les êtres matériels dépourvus de liberté ne changent point, à leur gré, la mesure de leur activité.

Considérée dans le patient, où rien n'est modifié, elle se présente avec le degré d'intensité qu'elle avait au sortir de l'agent. S'il y avait un changement, le milieu seul en serait la cause. Mais le vide n'a pas d'influence, et de plus, l'action, n'ayant pas à le parcourir, puisqu'elle est produite directement dans le sujet récepteur, ne court aucun risque de se disséminer dans l'espace [1]).

Les variations de l'intensité, attestées par l'expérience, demeurent donc des effets sans cause, à moins de substituer au vide hypothétique la matière continue, soit pondérable soit impondérable. Alors, seulement, l'amoindrissement progressif de l'action relèvera d'une cause appropriée, à savoir, les résistances croissantes du milieu réel [2]).

[1]) Cfr. P. de San, *Cosmologia*, pp. 353 et suiv. Lovanii, Fonteyn, 1881.

[2]) Plusieurs auteurs croient pouvoir invoquer à l'appui de cette doctrine un fait de constatation directe. On remarque, dit-on, que partout et toujours les corps ont besoin d'un milieu approprié pour transmettre leur action à d'autres corps éloignés, en sorte que cette action ne se produit pas si le milieu fait défaut. De ce fait universel et constant, il est permis de conclure que tel doit être aussi le mode d'action des corps qui n'ont pas encore été soumis à l'observation. Donc etc... *).

La validité de cet argument serait incontestable, si on pouvait prouver la majeure. Mais en est-il ainsi ? Les faits observés sont-ils assez nombreux pour légitimer une induction qui embrasse la totalité des activités corporelles ?

La gravitation s'exerce à travers les espaces interstellaires où, selon toute probabilité, ne se rencontre aucune matière pondérable.

Le soleil nous transmet sa lumière et sa chaleur malgré les millions de lieues qui séparent notre atmosphère de cet astre.

La découverte de la télégraphie sans fil, nous apprend que l'électricité

*) P. Schaaf, *Institutiones cosmologiae*, p. 144, Romae, 1907.

192. Accord de cette opinion avec les sciences modernes. — L'hypothèse d'après laquelle tout échange d'activité se fait au contact, est confirmée par les théories physiques modernes. La théorie électromagnétique qui domine actuellement les sciences naturelles, admet, en effet, que les phénomènes électriques et magnétiques se transmettent de proche en proche par l'intermédiaire de l'éther.

« La première différence entre la dynamique électromagnétique et la dynamique classique. écrit M. Langevin, a donc pour raison profonde la vitesse finie de propagation des perturbations dans le milieu, le fait, que la modification du sillage exigée par tout changement de vitesse de la particule, se propage de proche en proche à partir de celle-ci, que l'inertie de la matière n'est pas un phénomène instantané... On voit, ajoute-t-il, combien lointaines et profondes apparaissent maintenant les conséquences de la révolution introduite par Faraday, lorsqu'il rejeta la notion d'action immédiate à distance et porta l'attention sur le rôle joué par le milieu » [1]).

peut exercer son influence à des distances énormes en parcourant des couches d'air qui, certainement, ne constituent pas un milieu continu.

Or, loin de confirmer l'induction, pareils faits nous semblent plutôt de nature à l'infirmer, ou même nous invitent à poser le problème de l'action à distance.

Mais l'éther, dira-t-on peut-être, n'est-il pas le milieu approprié à la propagation de ces phénomènes ?

Oui sans doute, l'éther est le milieu hypothétique, postulé par les physiciens pour éviter l'action à distance, mais ce n'est ni un fait constaté, ni même un fait constatable. Il serait donc illogique d'y appuyer l'induction scientifique en question.

A notre avis, cette doctrine ne peut se réclamer que d'un seul argument physique : c'est l'argument tiré du caractère des lois qui régissent les activités corporelles.

[1]) Langevin, *La dynamique électromagnétique (Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913), p. 107. — Cfr. du même auteur, *L'évolution de l'espace et du temps* (*Revue de métaphysique et de morale,* juillet 1911), p. 459.

D'après cet auteur, l'hypothèse de l'influence réelle du milieu aurait même reçu récemment des confirmations importantes [1]).

D'ailleurs, elle peut se réclamer du patronage de la généralité des physiciens et chimistes actuels.

Pour Newton, Lavoisier, Sadi Carnot, Lord Kelvin [2]), Perrin [3]), etc..., il n'y a point de vide dans l'univers ; l'éther le remplit partout sans y laisser aucun intervalle [4]).

« C'est toujours à contre-cœur, écrit M. Meyerson, que la science a accepté l'action à distance, et ce n'est qu'à son corps défendant qu'elle la conserve. Elle y sera forcée tant qu'il demeurera entendu que les mouvements des corps célestes ne peuvent s'expliquer sans la supposition d'une action instantanée de la gravitation. Mais, dès que cette hypothèse ne sera plus absolument indispensable, dès qu'il sera permis d'attribuer à l'action gravifique une vitesse finie, il est bien certain que cette notion disparaîtra sans retour, car personne n'a jamais admis et l'on n'admettra probablement jamais un saut dans le temps analogue au saut dans l'espace que postule la notion d'action à distance » [5]).

[1]) Bouasse, *Th. de la mécanique*, pp. 182-189.

[2]) Lord Kelvin, *Conférences scientifiques*, pp. 212-214, 223, 333. Paris, Gauthier-Villars, 1893. — *Papers on Electrostatics*, p. 318. Londres, 1872. L'hypothèse, dit-il, d'une action à distance « est le plus fantastique des paradoxes ».

[3]) Perrin, *Les atomes*, p. xv. Paris, Alcan, 1914. « Une matière indéfiniment discontinue, dit-il, trouant par des étoiles minuscules un éther continu, voilà donc l'idée qu'on pourrait se faire de l'univers. » — *Les principes*. passim. Paris, Gauthier-Villars, 1903. — Cfr. Rey, *L'Énergétique et le Mécanisme*, p. 141. Paris, Alcan, 1908.

[4]) Cfr. De la Vaissière, *Philosophia naturalis*. p. 93. Paris, Beauchesne, 1912.

[5]) Meyerson, *Identité et réalité*, p. 85. Paris, Alcan, 1912.

A en croire M. Langevin [1]), le vœu du philosophe français serait bientôt réalisé, puisque l'hypothèse qui attribue une vitesse finie à la gravitation constitue déjà une conséquence nécessaire de la théorie physique régnante.

[1]) LANGEVIN, *La dynamique électromagnétique (Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913), p. 108.

LIVRE VI

L'énergétisme

ARTICLE PREMIER

Exposé de l'énergétisme

193. **La crise du mécanisme prépare l'avènement de la théorie énergétique.** — Jusqu'en ces dernières années, le mécanisme traditionnel avait été le système préféré des hommes de science. Ramener tous les phénomènes naturels à des modalités du mouvement local, réduire tous les agents de la nature aux deux facteurs de masse et de mouvement, en un mot, supprimer, dans l'explication scientifique des faits, l'élément force ou qualitatif pour y substituer l'élément purement quantitatif : telles furent les aspirations communes à tous les grands réformateurs scientifiques qui inaugurèrent le XVII[e] siècle et aboutirent à la création de la Physique et de la Cosmologie cartésiennes. Tel fut l'idéal que se sont proposé la plupart des savants des deux derniers siècles. On ne compte plus les travaux entrepris dans le but d'établir l'unité essentielle de la matière et la réductibilité de toutes les forces physiques à des vibrations d'une matière pondérable ou impondérable.

Cependant, en 1895, au Congrès des naturalistes allemands tenu à Lubeck, le professeur Ostwald s'en prenait ouvertement

à l'idole du jour, et annonçait la faillite prochaine du mécanisme, qu'il appelait « un matérialisme scientifique ».

« Je veux, disait il, exprimer ici ma conviction que cette manière de voir, malgré son crédit, est insoutenable ; que cette théorie n'a pas atteint son but, car elle se trouve en contradiction avec des vérités tout à fait hors de doute et universellement acceptées. La conclusion s'impose ; il faut l'abandonner et la remplacer, autant que faire se peut, par une meilleure » [1]).

Le mouvement de réaction, inauguré par le savant allemand, ne fit bientôt que s'accentuer. Parmi les physiciens qui furent les premiers à combattre résolument le mécanisme, il faut citer M. Duhem.

La physique, dit-il, doit s'élever avec énergie contre la première et la plus essentielle prétention du mécanisme, savoir, la réduction de toutes les propriétés des corps aux grandeurs, figures et mouvements locaux. Elle doit rendre aux qualités leur importance réelle et à la notion du mouvement toute la généralité que lui attribuait Aristote. La tâche de la physique nouvelle est de se débarrasser de ces multiples hypothèses mécaniques qui répugnent à la philosophie naturelle de Newton, de ces masses et de ces mouvements cachés qui échappent à tout contrôle et dont le seul objet est d'expliquer géométriquement les qualités. C'est après s'être délivré de ce labeur incertain, pénible et inutile que le physicien pourra en toute liberté consacrer ses efforts à des œuvres plus fécondes [2]).

Ailleurs, le savant français devient encore plus tranchant, et déclare même que le mécanisme est en physique un faux idéal, que si parfois l'explication mécanique a pu mettre le physicien sur le chemin des découvertes, elle a été en réalité

1) Ostwald, *Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus.* — *L'énergie*, p. 120 et passim. Paris, Alcan, 1910. — *Revista di Scienza*, t. I, p. 16 ; 1907. — Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 290. Paris, Flammarion, 1908.

2) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, p. 344. Paris, Joannin, 1903.

beaucoup moins féconde qu'on n'a coutume de le répéter, si bien que beaucoup de ces découvertes en sont absolument indépendantes [1]).

Malgré ses sympathies pour le mécanisme, M. Picard reconnaît avec une réelle franchise, ses défauts et sa faiblesse : « Il faut toutefois reconnaître, dit-il, que dans plusieurs cas, les contradictions et les bizarreries de quelques théories ont amené une sorte de découragement, et que les savants d'aujourd'hui n'ont plus, à ce point de vue, l'enthousiasme des physiciens géomètres de la première moitié du siècle dernier. Il a pu même paraître à quelques-uns qu'il était étrange d'expliquer le connu par l'inconnu, le visible par l'invisible » [2]).

D'autres savants, notamment M. Brunhes [3]), voient dans le principe même de la dégradation de l'énergie, l'objection la plus grave qu'on puisse soulever contre la conception du mécanisme universel. Et de fait, si l'expérience établit que la *quantité* d'énergie se conserve intacte dans l'univers, elle prouve avec non moins de certitude que la *qualité* de l'énergie diminue, c'est-à-dire que l'énergie devient de moins en moins apte à produire de nouveaux effets mécaniques. Où trouver place pour une distinction entre la quantité et la qualité dans un système qui bannit la qualité du domaine de la science ?

Telle est aussi la conclusion de L. Poincaré : « Le principe de Carnot, dit il, conduirait donc à envisager un certain classement des énergies et nous montrerait que, dans les transformations possibles, ces énergies tendent toujours vers une sorte de diminution de qualité, vers une *dégradation*. Il réintroduirait ainsi un élément de différenciation dont il semble bien difficile de donner une explication mécanique » [4]).

[1]) Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure*, pp. 56, 57, et passim. Paris, Chevalier et Rivière, 1906.

[2]) Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 127. Paris, Flammarion, 1910

[3]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 226. Paris, Flammarion, 1908.

[4]) L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 82. Paris, Flammarion, 1909.

« L'opinion, écrit M. Mach, qui fait de la mécanique la base fondamentale de toutes les autres branches de la physique, et suivant laquelle tous les phénomènes physiques doivent recevoir une explication *mécanique* est, selon nous, un préjugé... La conception mécanique de la nature nous apparaît comme une hypothèse fort explicable historiquement, excusable et peut-être fort utile pour un temps, mais toute artificielle » [1]).

Après avoir régné sans rival pendant plusieurs siècles dans le domaine des sciences, le mécanisme cartésien est donc tombé dans un discrédit dont il ne semble pas près de se relever malgré de nombreuses tentatives visant à le transformer [2]).

Mais en même temps que s'accentuait la crise de l'ancien mécanisme, deux théories nouvelles se développaient rapidement sur le terrain des sciences physico chimiques : le néomécanisme que nous avons examiné plus haut et l'*énergétique*, que plusieurs auteurs appellent aussi *énergétisme* [3]).

Cette dernière théorie attira vivement l'attention du monde savant et suscita de chaudes sympathies. Bien qu'inaugurée déjà par Rankine, elle n'a pris une réelle importance que depuis une quinzaine d'années, en devenant la théorie préférée de plusieurs physiciens de marque.

A raison de son crédit actuel et de ses promesses d'avenir, il est utile, croyons-nous, d'exposer dans ses grandes lignes la théorie nouvelle et d'étudier ses rapports avec la cosmologie. Cependant, certaines conceptions énergétiques, d'un caractère plus particulariste, telles les théories de MM. Ostwald, Mach, Le Bon, etc., seront l'objet d'un examen spécial.

[1]) Le Bon, *L'évolution des forces*, p. 36. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Mach, *La mécanique*, pp. 465-466. Paris, Hermann, 1904.

[3]) Du point de vue philosophique, cette seconde dénomination nous paraît plus heureuse que la première; c'est pourquoi nous l'avons choisie comme titre de ce livre.

194. Définition de l'énergétique. — Qu'est-ce donc que l'énergétique ? En quoi cette théorie diffère-t-elle du mécanisme ?

« On entend par énergétique, écrit M. Ostwald, le développement de cette idée que tous les phénomènes de la nature doivent être conçus et représentés comme des opérations effectuées sur les diverses énergies » [1]).

Les changements dont le monde est le théâtre revêtent des formes multiples : la pierre qui tombe, la flamme qui pétille au foyer, le courant électrique qui actionne nos machines et l'éclair qui sillonne les nues, la puissance du fleuve qui brise ses digues, les affinités mystérieuses des corps chimiques qui, après être restées inertes pendant des siècles, peuvent, dans les conditions voulues, donner lieu à un déploiement considérable de chaleur, d'électricité, d'effets mécaniques, voilà sans doute des événements bien divers, en apparence même presque étrangers les uns aux autres. Cependant, à y regarder de près, on y retrouve toujours et partout, sous des aspects changeants et variés, un même contenu essentiel, un même élément fondamental, indestructible : l'énergie. La diversité n'affecte que la forme des phénomènes ; la réalité qui se diversifie et persiste à travers toutes les phases des changements, est toujours l'énergie.

L'univers entier, au moins dans la mesure et les limites où il se révèle à nous, n'est donc qu'un vaste complexus d'énergies, dont nous désignons les constituants sous les noms d'étendue, de volume, de forme, d'espace, d'électricité, de magnétisme, de mouvement, de pesanteur, de lumière, de chaleur, de matière, etc... Il n'est, en effet, aucune de ces réalités qui ne soit capable d'agir sur nous, de nous impressionner, de produire des phénomènes mécaniques, ou du moins de faire partie intégrante d'un pouvoir dynamique.

Telle est la conception que les énergétistes se font de l'uni-

[1]) Ostwald, *L'énergie*, p. 119. Paris, Alcan, 1910.

vers, et c'est sous cet aspect qu'ils l'étudient, mais d'après un but et une méthode qui les distinguent totalement des mécanistes.

195. Différences entre l'énergétisme et le mécanisme. Première différence. — Le mécanisme cartésien, avons nous dit, prétendait pénétrer jusqu'à la nature intime des êtres et en exprimer toute la richesse en la réduisant aux deux réalités de masse homogène et de mouvement local.

Si le néo-mécanisme se désintéresse de la substance, il voit aussi dans le mouvement local, l'élément figuratif auquel il cherche à réduire tous les autres phénomènes. Ainsi que le dit M. Rey, un de ses chauds partisans, le néo-mécanisme est une théorie essentiellement figurative ; elle cherche à se représenter le réel et n'a vraiment de sens qu'à la condition d'être une anticipation sur la réalité ; elle a donc la prétention de correspondre à des données de l'expérience et de prolonger notre perception dans les régions encore inconnues et non perceptibles [1]).

A l'encontre du mécanisme cartésien, l'énergétique se résout à ne pas voir immédiatement le fond des choses ; elle ne cherche plus à enlever brusquement ses derniers voiles à la nature, à deviner ses suprêmes secrets [2]).

Bien plus, elle s'interdit toute *explication* au sujet de l'essence des phénomènes, qu'elle prend tels qu'ils se présentent. Un caractère essentiel de la science nouvelle est de renoncer à toute hypothèse quelconque [3]).

L'énergétique se préoccupe donc uniquement de la *mesure* des phénomènes et jamais de leur interprétation ; elle étudie les transformations de l'énergie et ne connaît les phénomènes que par leurs actions énergétiques. Elle mesure des quantités

[1]) Rey, *L'énergétique et le mécanisme*, p. 167. Paris, Alcan, 1908.

[2]) L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 18. Paris, Flammarion, 1909.

[3]) Ostwald, *L'énergie*, p. 133. Paris, Alcan, 1910.

de chaleur, des champs magnétiques, des différences de tension électrique, des courants, etc., et recherche des relations numériques générales ou mathématiques entre ces grandeurs dont elle ne discute jamais la nature [1]).

« Pour rester fidèles à la méthode qui a conduit les chercheurs les plus illustres à leurs grandes découvertes, dit M. Mach, nous devons limiter notre science physique à l'expression des *faits observables* sans construire des hypothèses *derrière* ces faits... Nous avons donc simplement à découvrir les dépendances réelles des mouvements de masses, des variations de la température, des variations de la valeur de la fonction potentielle, des variations chimiques, sans nous imaginer rien d'autre sous ces éléments, qui sont les caractéristiques physiques directement ou indirectement données par l'observation » [2]).

En un mot, l'énergétique est plutôt une méthode qu'une doctrine [3]).

195. Deuxième différence. — Il existe entre le mécanisme et l'énergétisme une seconde différence non moins profonde.

Pour soumettre les phénomènes aux calculs mathématiques, les mécanistes avaient établi en physique le règne de la quantité et en avaient banni tout élément qualitatif.

Les énergétistes, au contraire, plus soucieux des données de l'expérience, restituent aux diverses énergies leur caractère qualitatif et différentiel.

[1]) Lebon, *L'évolution des forces,* p. 46. Paris, Flammarion, 1908. — Picard, *La science moderne et son état actuel.* Paris, Flammarion, 1910.

[2]) Mach, *La mécanique,* p. 466. Paris, Hermann, 1904.

[3]) Lebon, *L'évolution des forces,* p. 47. — Rey, *L'énergétique et le mécanisme,* p. 129. — *La philosophie moderne,* p. 156. Paris, Flammarion, 1911. « Cette théorie, dit il, ne nous apprend rien sur la nature des énergies con sidérées, et par suite, sur la nature des phénomènes physico-chimiques. Elle nous décrit simplement aux dépens de quoi, comment et dans quel sens s'opère une modification physique ou chimique de l'état d'un corps donné... Les physiciens énergétistes prétendent qu'il est impossible d'aller plus loin.»

D'après M. Duhem, la mécanique nouvelle, en accordant aux qualités la large place qui leur est due en physique, se présente comme une réaction contre les idées atomistiques et cartésiennes, comme un retour — bien imprévu de ceux-là mêmes qui y ont le plus contribué — aux principes les plus profonds des doctrines péripatéticiennes. L'énergétique raisonne des qualités, mais afin de le faire avec précision, elle les figure par des symboles numériques, en sorte qu'elle est tout à la fois une théorie des qualités et une mathématique universelle [1]).

M. Ostwald partage la même opinion et invoque, pour la justifier, un argument qui ne manque pas d'intérêt.

Tout le monde, dit-il, distingue aisément l'énergie électrique de la force vive, le travail de la lumière, l'énergie chimique de l'énergie calorifique. La raison en est que ces énergies exercent des actions différentes sur nos organes sensoriels, même lorsque ces organes sont considérés dans des états comparables. Or, se peut-il que ces énergies soient douées d'activités différentes, si elles sont de même nature ? « La science doit prendre à tâche de faire ressortir ces différences avec la plus grande netteté et la plus grande exactitude, ne fût-ce que pour obtenir une représentation juste des réalités » [2]).

197. **Troisième différence.** — En troisième lieu, l'énergétique se distingue encore du mécanisme en ce qu'elle supprime le dualisme classique de la matière et de l'énergie. Telle est, au moins, l'opinion de certains énergétistes.

Pour bon nombre de partisans du mécanisme, la matière est inerte ; le mouvement dont elle est animée constitue la source de toutes ses activités ; pour d'autres systèmes, l'énergie de la matière se trouve canalisée en des qualités ou puissances actives et passives, inhérentes au substrat matériel,

[1]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, pp. 344 et 345. Paris, Joannin, 1903.
[2]) Ostwald, *L'énergie*, p. 129. Paris, Alcan, 1910.

mais réellement distinctes de lui. En un mot, l'énergie et la matière sont considérées, sauf dans le dynamisme absolu, comme des réalités distinctes, et même si indépendantes l'une de l'autre que, pour un corps donné, l'énergie peut augmenter ou décroître sans que la quantité de matière subisse la moindre variation.

C'est ce dualisme que plusieurs énergétistes condamnent et rejettent sans réserve Il n'y a dans l'univers, dit-on, qu'une seule entité aux formes multiples, une seule réalité dont on peut mesurer les incessantes transformations, c'est l'énergie [1]).

« En analysant la matière, écrit l'auteur de la théorie nouvelle, en en déterminant les parties composantes, nous sommes donc arrivés à voir qu'elle constitue une notion superflue » [2]). La physique doit l'ignorer, car elle peut donner une représentation scientifique complète de tous les phénomènes cosmiques sans lui accorder aucune place dans ses calculs.

Qu'est-ce donc qui correspond, en théorie énergétique, à la vieille notion de matière ? D'ordinaire, dit-on, nous donnons le nom de matière à tout ce qui se révèle à nos sens comme un complexus de trois propriétés fondamentales, inséparables,

[1]) Tous les énergétistes ne sont cependant point aussi radicaux. Bien que M Duhem soit l'un des représentants les plus autorisés de la théorie énergétique, il admet l'existence de substrats matériels ou de substances corporelles qu'il conçoit même à la manière des scolastiques. Mais en physique, il en fait abstraction pour ne s'occuper que du fait observable ou expérimental. « Nous persisterons donc à admettre, dit-il, que tout mouvement suppose un mobile, que toute force vive est la force vive d'une matière. « Vous recevez un coup de bâton, nous dit M. Ostwald ; que ressentez-vous, le bâton ou l'énergie ? » Nous avouerons ressentir l'énergie du bâton, mais nous continuerons à conclure qu'il existe un bâton porteur de cette énergie. Nous n'oublierons pas d'ailleurs, que cette énergie, qui réside en certains lieux de l'espace, qui se transporte d'une région à une autre, ressemble singulièrement à une matière, qui aurait renié son nom, mais n'aurait pu changer d'essence. » P. Duhem, *L'évolution de la mécanique (Revue générale des Sciences pures et appliquées,* mars 1903), p. 253.

[2]) Ostwald, *L'énergie*, p. 171. Paris, Alcan, 1910.

toujours réunies dans le même espace, savoir : l'étendue, le poids et la masse, ou, comme on dit en physique, la quantité d'inertie ou de résistance au mouvement.

Or, ces trois propriétés sont précisément trois facteurs d'énergie dont le groupement est indispensable pour que les réalités de ce monde puissent constituer les objets de notre expérience.

En effet, si le volume ou l'étendue — qui est un vrai constitutif de l'énergie — vient à disparaitre, le corps n'occupe plus d'espace et il nous est impossible de le percevoir encore.

En second lieu, si le corps n'a plus de masse, s'il n'oppose plus aucune résistance au mouvement, la plus petite impulsion mécanique lui communique une vitesse infinie ; pareil être échappe nécessairement à nos perceptions sensibles.

Enfin, il en serait de même s'il perdait son énergie de gravitation ou son poids. N'est-ce pas le poids qui retient les corps à la surface de la terre ou du moins dans son voisinage, et nous permet d'entrer en relation avec eux ?

Tel est donc le contenu intégral de la notion de matière. On n'y trouve, on le voit, aucun élément qui ne soit une partie constitutive de l'énergie [1]).

Pour M. Ostwald, il semble qu'il n'y ait qu'une seule substance dans le temps et dans l'espace, et cette substance est l'énergie.

La substance, dit-il, est ce qui existe. Or, la seule réalité existante pour nous, ce sont les phénomènes ou énergies diverses que nos sens peuvent percevoir. En dehors du domaine des réalités perceptibles, nous ne pouvons rien connaître. La *chose en soi*, qu'on désigne souvent sous le nom de matière, n'est rien. Nous ajoutons même, que l'accident est aussi l'énergie. L'accident est ce par quoi les choses se diversifient. Or, ce qui est diversifié n'est que de l'énergie, puisque toutes les

[1]) OSTWALD, *L'énergie*, pp. 163, 169. Paris, Alcan, 1910. — *L'évolution d'une science*, pp. 441 et suiv. Paris, Flammarion, 1909.

formes diverses qu'elle peut revêtir sont des manifestations de la réalité énergétique [1]).

La matière dont le savant allemand nie l'existence, est donc la matière considérée comme un substrat de ces trois propriétés que la physique nouvelle regarde comme autant de facteurs d'énergie, c'est à-dire, le volume, le poids et la masse. Ces trois éléments énergétiques constituent dans leur union intime toute la réalité qui correspond à la notion de matière.

Loin de conclure à la non-existence de la matière, M. Lebon la proclame le principal élément des choses. Mais pour lui, elle n'est que de l'énergie ayant acquis de la fixité ; elle est même par sa dissociation l'origine de la plupart des forces de l'univers

« La matière, dit-il, est une forme particulière d'énergie caractérisée par sa fixité relative et sa concentration en quantité immense sous un faible volume ». « La matière n'est en réalité que de l'énergie condensée ». « La transformation de la matière en énergie, réalisée dans nos expériences, a prouvé que l'antique dualité entre la force et la matière devait également disparaître ».

Il serait sans doute possible, ajoute l'auteur, à une intelligence supérieure d'imaginer l'énergie sans substance, car rien ne prouve qu'elle doive avoir nécessairement un support, mais une telle conception nous est inaccessible [2]).

Ce physicien, on le voit, maintient le mot de matière, mais en change complètement le sens usuel.

M. Mach n'accorde guère plus d'importance à la matière que son collègue français. Il nie même formellement l'existence des substances.

« Nous devons, dit-il, limiter notre science physique à

[1]) Ostwald, *Vorlesungen über Naturphilosophie,* pp. 146, 147. Leipzig, Veit und Comp., 1905.

[2]) Lebon, *L'évolution des forces,* pp. 56, 87 et 91. Paris, Flammarion, 1908. — *L'évolution de la matière,* pp. 12-18 ; 309. Paris, Flammarion, 1912.

l'expression des *faits observables,* sans construire des hypothèses *derrière* ces faits, où plus rien n'existe qui puisse être conçu ou prouvé » [1]). Aussi le corps, pour lui, devient un ensemble relativement constant de sensations tactiles et visuelles, lié aux sensations d'espace et de temps [2]). Et « la matière n'a plus d'autre fonction que de représenter la liaison entre les propriétés particulières parmi lesquelles il faut notamment citer la masse » [3]).

Les propriétés corporelles, objet de l'énergétique, n'ont donc pas de substrat, mais nous concevons comme une sorte de substrat le lien fixe qui existe en fait entre les propriétés, comme si ces propriétés ne pouvaient s'unir entre elles directement sans l'intermédiaire ou le support commun qu'on appelle d'ordinaire la matière.

M. Mach est donc un phénoménaliste pour qui la « chose en soi » « est une notion vide et contradictoire ».

La « chose », dit-il encore, est un symbole mental pour un complexus de sensations d'une stabilité relative. Ce ne sont pas les choses (les objets, les corps), mais bien les couleurs, les sons, les pressions, les espaces, les durées (ce que nous appelons d'habitude des sensations), qui sont les véritables *éléments* du monde » [4]). Ces sensations, nous les groupons en un tout complexe que nous nous représentons cependant par un seul concept, et cela en vertu de la loi de l'économie de la pensée qui régit toute notre activité intellectuelle. Le concept de « matière » ou de corps n'a pas d'autre origine, ni d'autre réalité [5]).

L'univers entier peut donc s'exprimer synthétiquement en un mot : « énergie ».

[1]) Mach, *La mécanique,* p. 466. Paris, Hermann, 1904.

[2]) Id., *ibid.,* pp. 478, 451.

[3]) Id., *ibid.,* p. 292.

[4]) Id., *ibid.,* p. 451.

[5]) Id., *Analyse der Empfindung,* S. 10.

198. Constitution de l'énergie. — Quelle est la constitution de l'énergie ? Quelles en sont les formes diverses ?

Toute énergie est constituée de deux facteurs, dont l'un s'appelle la *quantité*, l'autre l'*intensité* ou la *tension*[1]. L'énergie est le produit de ces deux facteurs[2].

Considérons, par exemple, l'étendue d'un corps ; elle comprend le volume et aussi la forme sous laquelle le corps se présente. Or, le volume et la forme sont des énergies véritables.

Pour diminuer ou augmenter le *volume* d'un corps, il faut dépenser du travail mécanique, et lorsque le corps reprend son volume antérieur, le travail absorbé est restitué. La *quantité* est ici représentée par la portion d'espace que le corps occupe ; l'intensité est la pression à laquelle le corps est soumis.

Ainsi en est-il de l'énergie de forme. Un corps de forme cylindrique peut revêtir une forme cubique, pyramidale ou rectangulaire sans changer de volume. Mais pour réaliser ce changement, il faut dépenser de l'énergie. Dans ce cas, le facteur de *quantité* doit être déterminé par des mesures spatiales en tenant compte des directions suivant lesquelles se font les déplacements. Le facteur d'*intensité* comprend les

[1]) Auerbach, *Die Weltherrin und ihr Schatten, ein Vortrag über Energie und Entropie.* Iena, Fischer, 1902. — Ostwald, *L'énergie,* Paris, Alcan, 1910.

[2]) Dressel, *Lehrbuch der Physik,* p. 38. Freiburg, 1905. Ce physicien admet trois facteurs : « Wir finden, dass in den mechanischen Energien drei Faktoren massgebend sind : der Quantitätsfaktor, der die Quantität oder den Umfang der energetischen Zustandes misst, an welchen die Energie gebunden ist ; der Intensitätsfaktor, welcher angibt, wieviel Arbeitseinheiten die Einheit der energetischen Zustandes bei der gegebenen Intensität zu leisten vermag, und die Kapazität oder das Fassungsvermögen des materiellen Substrats für die betreffende Energieform, das bestimmt wird durch die Zustandsmenge bei der Intensität I. Bezeichnen wir diese Faktoren durch M. J. C. so gelten für die verschiedenen Formen der mechanischen Energie E die Grundgleichungen :

$$M = C. J. ; E = {}^1/_2 M. J. = {}^1/_2 C. J^2 = {}^1/_2 M^2 \, {}^1/c.$$

forces correspondantes mises en jeu pour triompher de l'énergie élastique du corps [1]).

Pour la pesanteur, la quantité est représentée par des kilogrammes, et l'intensité ou la tension par la hauteur de chute. Leur produit exprime l'énergie gravifique.

Pour l'électricité, la quantité est représentée par le débit de la source en coulombs, et la tension par la pression électrique estimée en volts. Enfin, l'énergie cinétique résulte de la quantité qui est la masse, et d'une tension ou d'une intensité qui est le carré de la vitesse [2]).

Bref, dans toute énergie, quelle qu'en soit la nature, se rencontrent ces deux facteurs, la quantité et l'intensité ou la tension. Toutefois, ces deux facteurs ne sont point deux principes distincts, mais deux aspects ou deux formes d'une même chose, l'énergie.

199. **Les diverses formes de l'énergie.** — Les énergies ainsi constituées se répartissent en deux grandes catégories : l'énergie potentielle et l'énergie actuelle. La première, qui porte aussi les noms d'énergie invisible, d'énergie en repos, d'énergie de position, d'énergie en réserve ou emmagasinée, comprend, par exemple, l'énergie du ressort bandé, ou d'un poids placé à une certaine hauteur, la pesanteur, l'affinité chimique ; ce sont autant d'énergies tranquilles. L'autre, qu'on désigne encore sous les noms d'énergie cinétique, d'énergie en mouvement, comprend l'énergie du fleuve qui roule dans son lit ses eaux tumultueuses, l'énergie du vent et des marées, le courant électrique, l'énergie des corps lancés dans l'espace, etc.

Cependant, cette distinction paraît inadmissible à plusieurs auteurs. Les uns, notamment M. Ostwald, lui reprochent de ne pas être suffisamment objective. Parfois, en effet, il semble

[1]) Ostwald, *L'énergie*, pp. 154-159. Paris, Alcan, 1910.

[2]) Lebon, *L'évolution des forces*, pp. 49-53. Paris, Flammarion, 1908.

bien difficile de dire à laquelle de ces deux catégories appartient l'énergie. C'est le cas pour le courant électrique que l'on peut considérer indifféremment comme énergie potentielle et énergie actuelle [1]).

En second lieu, cette distinction tire son origine de la conception mécanique de l'univers. D'après cette conception, tous les phénomènes naturels sont une sorte de décalque des phénomènes astronomiques. Si l'on ne rencontre dans ces derniers que deux formes d'énergie, nettement mécaniques : la force vive et la force de tension, l'énergie actuelle et l'énergie potentielle, on peut donc ranger dans ces deux catégories toutes les énergies de notre monde. Or, pour les énergétistes, cette réduction est une erreur, car à côté de l'énergie cinétique ou de mouvement, il en existe beaucoup d'autres de qualité différente et irréductibles au mouvement local.

D'ailleurs, l'énergie de tension n'est pas moins actuelle que l'autre ; sinon, comment serait-elle transformable ? Si on la dit potentielle, c'est uniquement par rapport à une autre forme d'énergie en laquelle elle peut se transformer [2]).

D'autres auteurs, tel M. Picard, regrettent que cette classification, fondée uniquement sur les rapports divers de l'énergie avec notre sensibilité, manque de caractère scientifique : « On distingue souvent, dit-il, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle ; pour un système conservatif, l'énergie cinétique est l'énergie... des masses visibles, et l'énergie potentielle n'est autre chose que l'énergie des masses cachées. Ces deux énergies ne sont pas de nature différente ; la distinction au fond est factice et dépend du degré de notre connaissance » [3]).

M. Brunhes [4]) n'est pas moins opposé à ce mode de classement ; il l'appelle même arbitraire et propose de lui substituer

[1]) Ostwald, *L'évolution d'une science*, p. 319. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Id., *ibid.*, p. 319. — *L'énergie*, pp. 134-145. Paris, Alcan, 1910.

[3]) Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 116. Paris, Flammarion, 1910.

[4]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, pp. 38 et suiv. Paris, Flammarion, 1908. — Cfr. *Revue de Métaphysique et de Morale*, mars 1910.

une classification en énergies de forme supérieure et en énergies de forme inférieure ou dégradées, classification qui présente le grand avantage d'être à la fois objective et scientifique.

Les énergies de forme supérieure qui sont l'énergie électrique et les diverses formes d'énergie mécanique proprement dite, la force vive de la matière en mouvement, l'énergie élastique, peuvent se transformer totalement en travail mécanique, et pour ce motif l'homme lui-même peut les faire servir aux usages les plus variés et les plus utiles. De là leur nom d'énergies de forme supérieure.

La seconde catégorie comprend l'énergie calorifique, la chaleur rayonnante, l'énergie mise en jeu dans les changements d'états physiques ; elles sont plus ou moins dégradées et présentent même tous les intermédiaires entre une valeur nulle et une valeur égale à celle des formes supérieures. Il est impossible, par exemple, que dans une machine toute la chaleur produite ou fournie soit employée au travail de la machine ; $^{85}/_{100}$ de la chaleur sont d'ordinaire inutilisables à cette fin. De même, si un poids de 425 kilogrammes, tombant sur le sol de la hauteur d'un mètre, peut par sa chute produire une calorie, il n'est jamais possible, avec cette seule calorie, de faire remonter le même poids à la hauteur d'un mètre.

200. Définition scientifique de l'énergie. — Au point où nous en sommes arrivés, une question nouvelle, semble-t-il, s'impose.

L'énergétique, avons-nous dit, est la science de l'énergie. Mais cette énergie dont on connaît les deux éléments constitutifs, quantité et intensité, ainsi que les formes diverses et le mode de classement, ne pourrait-on la définir elle-même ? Qu'est-ce que l'énergie ? N'est-ce pas la première question à résoudre pour qui veut définir le caractère de la science qui s'en occupe ?

Sans doute, mais ce terme « énergie », bien que fréquemment en usage dans le langage journalier et scientifique,

désigne des choses si diverses qu'il est difficile d'en donner une définition exacte. Si l'on fait abstraction des formes multiples sous lesquelles se manifeste l'énergie, on ne découvre plus en elle qu'un petit nombre de caractères essentiels, communs à toutes les modalités, et la notion ainsi obtenue demeure nécessairement vague :

1° Toute énergie se révèle comme une chose réelle et positive, car elle a une valeur marchande : on vend l'énergie électrique, l'énergie luminique.

2° Quelle qu'en soit la nature, elle est une grandeur mesurable : en sciences on mesure les énergies par le travail mécanique qu'elles sont capables de fournir.

3° L'énergie est une réalité transformable : nous constatons, en effet, qu'une forme se transforme en une autre, que l'électricité, par exemple, produit de la chaleur, de la lumière, du travail mécanique, comme le travail mécanique, à son tour, produit de l'électricité, des phénomènes calorifiques et luminiques.

4° Enfin, dans un système conservatif ou isolé, c'est-à-dire dans un système soustrait à l'action des forces extérieures, l'énergie, malgré ses variations qualitatives ou de forme, conserve une valeur quantitative invariable.

Tels sont les seuls caractères vraiment essentiels. La définition qui les formule manque, il est vrai, de netteté et de précision, mais il n'est point possible de la rendre plus claire et plus précise si on veut l'adapter à toutes les modalités que nous offre l'énergie physique, mécanique, chimique, nerveuse, etc... [1]).

[1]) Ostwald, *L'énergie*, pp. 116 et 214. Paris, Alcan, 1910. — *L'évolution d'une science*, p. 336. Paris, Flammarion, 1909. — « Cette notion d'énergie, écrit M. Le Chatelier, est, en raison de son défaut d'objectivité, une cause

Les savants eux-mêmes reconnaissent cette difficulté. « Nous ne pouvons, dit H. Poincaré, donner de l'énergie une définition générale... Mais quelles que soient les notions nouvelles que les expériences futures nous donneront sur le monde, nous sommes sûrs d'avance qu'il y aura quelque chose qui demeurera constant et que nous pouvons appeler l'*énergie* » [1]).

Pour M. Meyerson « c'est évidemment la formule la plus générale, la formule typique du principe de conservation... » Ce quelque chose, nous ne le connaissons pas, nous ne pouvons en indiquer d'avance la nature, mais nous espérons qu'il demeurera constant dans le temps... » [2]).

M. Lebon ajoute la raison de cette difficulté. « Dans certains cas élémentaires, dit il, il est facile de distinguer l'énergie cinétique de l'énergie potentielle, mais dès qu'on s'écarte un peu de ces cas... les formules finissent par embrasser des choses tellement hétérogènes qu'on ne peut plus définir l'énergie » [3]). Tel est aussi l'avis de M. Brunhes [4]).

de grande obscurité quand on veut l'envisager indépendamment des hypothèses qu'elle était destinée primitivement à exprimer. » *Principes de l'énergétique (Journal de Physique pure et appliquée*, 3e série, t. III, 1904), p. 289.

1) H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 195. Paris, Flammarion, 1907. — Cfr. Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 134. Paris, Flammarion. 1910.

2) Meyerson, *Identité et réalité*, p. 230. Voir aussi p. 309. Paris, Alcan, 1912.

3) Lebon, *L'Évolution des forces*, p. 59, Paris, Flammarion, 1908.

4) Ce physicien croit que la seule définition admissible a été donnée par Thomson (*Math. and Phys. Papers*, I. p. 222). Mais cette définition a le désavantage, ou bien d'être relative à un état donné, et, partant, de n'être pas assez générale, ou bien de supposer des connaissances que nul physicien ne possède actuellement. Cette définition, la voici : « L'énergie mécanique totale d'un corps peut être définie comme la valeur numérique de tout l'effet qu'il pourrait produire, en chaleur émise et en résistances vaincues, s'il était refroidi à fond et amené à un état de contraction indéfinie ou d'expansion indéfinie, suivant que les forces qui agissent entre ses particules sont attractives ou répulsives, quand tous les mouvements thermiques sont arrêtés par lui ». — ou bien, l'énergie mécanique du corps, dans un état donné, désigne l'équivalent mécanique des effets que le corps pourrait pro-

201. Définitions défectueuses de l'énergie. — Il importe de se mettre en garde contre ces définitions commodes et faciles qui répondent fidèlement à la notion vulgaire de l'énergie, mais qui sont inconciliables avec sa notion scientifique.

Telle est, par exemple, la définition suivante : « On entend par énergie l'ensemble des différentes forces naturelles » [1]).

« Il ne faut pas oublier, dit avec raison M. Lodge, la distinction entre la *force* et l'*énergie*. Ces termes sont tellement confondus d'habitude par les vulgarisateurs, qu'il est quelquefois difficile de les distinguer : ils sont absolument distincts en physique » [2]).

En fait, la *force* n'est qu'un des éléments constitutifs de l'énergie et ne doit jamais être confondue avec l'énergie elle-même [3]).

Considérons, en effet, l'énergie potentielle que possède un poids de 20 kilogr. suspendu à la hauteur de deux mètres. Que comprend cette énergie ? D'évidence, elle implique deux facteurs : le poids et la hauteur de chute, ou l'espace à parcourir ; ce dernier facteur a même une grande importance, car l'énergie potentielle devient d'autant plus grande que la hauteur de chute est plus considérable. Dans l'espèce, on évaluera donc cette énergie à $20 \times 2 = 40$ kilogrammètres, formule dans laquelle la force, c'est-à-dire le poids ou la pesanteur, ne représente qu'une partie de l'énergie.

Bien plus, une quantité d'énergie quelconque peut toujours être évaluée en *travail*. Or, en mécanique, un travail équivaut au produit de l'intensité de la force par l'espace que parcourt

duire en passant de l'état où il se trouve, à l'état initial. — Cfr. BRUNHES, *La Dégradation de l'énergie*, pp. 248 et 249. Paris, Flammarion, 1908.

Pour le physicien CHWOLSON, l'énergie se définit : « Wenn ein Korper, oder eine Gruppe von Körpern fähig ist, Arbeit zu leisten, so sagen wir dass sie Energie besitze . *Lehrbuch der Physik*, I, s. 118

[1]) BOUCHER, *Essai sur l'hyperespace*, p. 120. Paris, Alcan, 1905.

[2]) LODGE, *La vie et la matière*, p. 127. Paris, Alcan, 1909.

[3]) BRUNHES, *La Dégradation de l'énergie*, p. 39. Paris, Flammarion, 1908.

son point d'application, lorsque celui-ci est déplacé suivant la direction de la force. L'intensité d'une force, ou la dépense d'action est d'autant plus grande, que la masse à déplacer est plus considérable, et que l'accélération qu'elle lui communique est plus grande. L'intensité peut donc s'exprimer par le produit de la masse (m) par l'accélération (v). Mais il est clair que la dépense d'action est, elle aussi, d'autant plus grande que l'espace parcouru est plus étendu. Si l'on remplace l'espace parcouru par son expression mathématique, on obtient $\frac{mv^2}{2}$, qui est la formule du travail ou de la dépense d'action [1]).

Or, trois éléments se rencontrent dans le travail ainsi conçu : la masse, l'accélération et l'espace qui ne peuvent, d'évidence, être identifiés avec la force.

« Le sens de ces deux termes (énergie et force) diffère pour le physicien, dit Lebon, parce que l'énergie est mesurée par sa transformation en travail. Elle représente alors le produit d'une force par un déplacement. La force n'est, dans ce cas, qu'un des facteurs de l'énergie » [2]).

Ce serait même une erreur de confondre « la force » avec cette espèce d'énergie qui s'appelle « force vive ». La formule mv^2 qui en exprime la valeur nous montre qu'elle est aussi constituée de deux facteurs, une masse à mouvoir et une vitesse ou une relation entre un espace déterminé et le temps consacré à le parcourir [3]).

D'aucuns diront peut-être : Si l'énergie n'est pas identifiable avec la force, au moins n'est-il pas permis de l'appeler « puissance motrice », « capacité de travail », pouvoir d'action ? En d'autres termes, le concept d'énergie n'implique t il pas essentiellement l'idée de possibilité d'action ?

[1]) Freycinet, *Essai sur la philosophie des sciences*, pp. 233 et suiv. Paris, Gauthier-Villars, 1900.

[2]) Lebon, *L'évolution de la matière*, p. 14. Paris, Flammarion, 1910.

[3]) Brunhes, *La Dégradation de l'énergie*, p. 237. Paris, Flammarion, 1908.

Sans doute, il est des cas où ces différents termes sont réellement synonymes, mais on rencontre aussi des énergies qui sont cependant incapables de produire aucun effet quelconque, au moins dans les circonstances où elles se trouvent. L'énergie n'est synonyme de puissance motrice, de pouvoir d'action ou de capacité de travail que si elle est *utilisable* [1]). Or, elle le devient s'il y a entre les corps qui la possèdent une différence de tension, une absence d'équilibre électrique, thermique, mécanique ou autre. Deux corps à même température ne peuvent exercer aucune action l'un sur l'autre ; mais si la température de l'un est supérieure à celle de l'autre, le corps chaud possède un vrai pouvoir d'action sur le corps froid, et ce pouvoir cesse lorsque l'équilibre est établi.

De même, il y a pouvoir d'action ou puissance motrice lorsqu'un liquide passe d'un niveau supérieur à un niveau inférieur, lorsque l'électricité s'écoule d'un corps à haut potentiel vers un corps à bas potentiel, lorsqu'un corps animé de vitesse vient en contact avec un autre corps animé d'une vitesse moindre [2]).

Cette différence de tension vient-elle à faire défaut, l'équilibre est-il établi, aussitôt les corps perdent tout pouvoir d'action, bien qu'ils soient doués de vraies énergies ; tel, le cas de deux corps maintenus à une même température.

En résumé, toute énergie *utilisable* ou dont on peut tirer des effets utiles, possède un *pouvoir d'action*. Mais toute énergie n'est pas utilisable.

[1]) « Il y a identité absolue de signification dans les termes suivants : Puissance motrice (Sadi Carnot) ; Force (S. Robert) ; Power of working (Tait) ; Motivity (Thomson) ; Available energy (Maxwell) ; Kraft (Mayer) ; Freie Energie (Helmholtz). Souvent l'expression d'Énergie et parfois aussi celle de Travail sont employées à tort dans le même sens. » Le Chatelier, *Principes de l'énergétique* (*Journal de Physique théorique et appliquée*, 3e série, t. III, 1904), p. 291.

[2]) Lebon, *L'Évolution des forces*, p. 71. Paris, Flammarion, 1908. — Brunhes, *La Dégradation de l'énergie*, pp 43, 374 et suiv. Paris, Flammarion, 1908.

202. Principes de l'énergétique. — Comme toute science, l'énergétique s'appuie sur certains principes. Il reste à étudier leur nature, à fixer leur portée, à déterminer les relations qui les unissent.

Le premier de ces principes s'appelle « le principe de la conservation de l'énergie ». On l'énonce d'ordinaire comme suit : la quantité d'énergie contenue dans l'univers demeure invariable [1]).

L'univers est soumis à des changements incessants. A première vue, il semble même que rien n'échappe à cette loi de transformation de la matière. Cependant, à travers ces métamorphoses, une entité persiste, c'est l'énergie. Sous les formes si diverses de chaleur, d'électricité, de simple mouvement, de lumière, elle accomplit ses mystérieuses destinées, comme une entité indestructible dont le propre est de ne se dépouiller d'une forme que pour en revêtir une autre équivalente. Si l'une de ces modalités diminue, une autre compense exactement cet effacement, en sorte que dans un système conservatif ou fermé, la somme des énergies reste constante.

Le second principe de l'énergétique est « le principe de Carnot ». « On peut comparer, dit ce physicien, la puissance motrice de la chaleur à celle d'une chute d'eau... La puissance motrice d'une chute d'eau dépend de la hauteur et de la quantité du liquide ; la puissance motrice de la chaleur dépend aussi de la quantité de calorique employé, et de ce que nous appellerons la hauteur de.sa chute, c'est-à-dire de la différence de température des corps entre lesquels se fait l'échange du calorique » [2]). En d'autres termes, pour que la chaleur puisse produire du travail mécanique, il faut non seulement de la chaleur, mais du froid ; il faut qu'on puisse faire descendre

[1]) Ce principe est basé sur l'expérience : Cfr. Pfaundler, *Lehrbuch der Physik*, II. B., S. 517, 1898. — Dressel, *Lehrbuch der Physik*, Freiburg, S. 38, 1905. — H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 131. Paris, Flammarion, 1907.

[2]) Sadi Carnot, *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, p. 15. Cfr. aussi p. 6, 1824.

une partie de cette chaleur sur un corps à température plus basse ; la chaleur tend alors à se mettre en équilibre entre les corps inégalement chauds et jouit du même coup d'une vraie puissance motrice.

Mais le principe de Carnot qui visait directement les relations entre la chaleur et le travail, s'applique à toutes les formes de l'énergie. De là son immense importance. En fait, un phénomène n'est possible que là où il existe une différence d'intensité ou de tension, et l'énergie tend à se diriger du point où elle est le plus élevée vers le point où elle l'est le moins [1]).

Ainsi généralisé ou appliqué à toutes les forces connues de l'univers, le principe de Carnot met en relief l'universelle tendance de la nature au nivellement, et par suite à la dégradation de l'énergie. Si, comme le dit Clausius, on ne peut sans dépenser du travail faire passer du froid sur un corps chaud ; si l'énergie tend à passer d'un niveau supérieur à un niveau inférieur, il faut que l'énergie utilisable ou capable de produire des effets utiles, subisse une diminution progressive.

D'ailleurs, toutes les formes de l'énergie ont une tendance à se transformer en énergie calorifique qui se présente comme la forme la plus stable, mais aussi comme une énergie dégradée. Bien qu'on puisse, en effet, transformer totalement une quantité de travail mécanique en chaleur, il est impossible de transformer totalement cette quantité de chaleur en travail.

A raison de ces conséquences auxquelles le principe de Carnot paraît devoir nécessairement aboutir, plusieurs physiciens l'appellent aujourd'hui « principe de la dégradation de l'énergie » [2]).

Enfin, le principe de Carnot fut complété par le principe

[1]) Ostwald, *L'énergie*, pp. 150 et 151 Paris, Alcan, 1910.

[2]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 236. Paris, Flammarion, 1908. — L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 82. Paris, Flammarion, 1909.

d'Hamilton ou principe de la moindre action, qui est devenu le troisième principe de l'énergétique.

D'après cette règle, lorsque les molécules sont sollicitées par une force pour se rendre d'un point à un autre, ces molécules ne peuvent prendre qu'une seule direction, savoir, celle qui demande le moindre effort [1]).

203. Relation entre les principes de l'énergétique. — Trois principes dominent donc toute l'énergétique [2]). Quelle en est l'exacte portée, quelle relation faut-il établir entre eux ?

Le principe de la conservation de l'énergie ne nous donne aucun renseignement ni sur la nature de l'énergie, ni sur les conditions requises pour qu'une énergie se transforme en une autre, ni sur le sens et la direction suivant lesquels se font les transformations. « Il n'exprime rien d'autre, dit M. Mach, qu'une relation quantitative invariable entre les phénomènes mécaniques et les phénomènes d'autres catégories » [3]). En d'autres termes, ce principe affirme, qu'en dépit de l'infinie variété des phénomènes ou des changements de l'univers, la somme globale de l'énergie qui y est contenue reste invariable.

Bien différent est le principe de Carnot généralisé.

[1]) LEBON, *L'évolution des forces*, p. 46. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Les deux premiers principes nous viennent de la thermodynamique, c'est-à-dire de cette partie de la physique qui étudie les relations réciproques entre la chaleur et le travail. En fait, la conservation de l'énergie fut d'abord envisagée au point de vue des transformations réciproques entre ces deux énergies : travail et chaleur. Telle quantité de travail totalement dépensée pour produire du calorique représente telle quantité invariable de chaleur. Réciproquement, telle quantité de chaleur employée uniquement à produire du travail, représente telle quantité invariable de travail mécanique. A son tour, le principe de Carnot regarde les relations entre les deux mêmes réalités, mais au point de vue des conditions de leur transformation.

Il est donc vrai de dire avec H. Poincaré et M. Picard, que la thermodynamique a été l'origine de l'énergétique. Cfr. PICARD, *La science moderne et son état actuel*, p. 133. Paris, Flammarion, 1910.

[3]) MACH, *La mécanique*, p. 469. Paris. Hermann, 1904.

A l'encontre du premier qui vise exclusivement la *quantité*, celui-ci regarde la *qualité* de l'énergie, et loin d'affirmer la conservation intégrale de la qualité, il nous apprend au contraire que la qualité se dégrade, c'est-à-dire que l'énergie utilisable ou capable de produire des effets mécaniques diminue progressivement. « Le principe de Carnot, dit M. Meyerson, est... un énoncé, non de conservation, mais de changement. Il affirme non pas une identité, même apparente, mais une diversité. Étant donné un état, ce principe établit qu'il *doit* se modifier et dans quelle direction » [1]).

Les deux principes, celui de la conservation de l'énergie et celui de la dégradation de l'énergie, sont donc indépendants l'un de l'autre, à tel point que le second pourrait conserver toute sa valeur, même si le premier était faux.

En second lieu, le principe de Carnot nous fait connaître dans quel cas les phénomènes ou les transformations d'énergies peuvent se produire et quelle en est alors l'importance. « Pour qu'un phénomène puisse avoir lieu, nous dit-il, il faut qu'il y ait une différence d'intensité non compensée, et le phénomène qui se produit dans ce cas a une valeur proportionnelle à la différence d'intensité des énergies présentes » [2]).

En troisième lieu, ce principe règle la marche des phénomènes, les empêche d'être réversibles, c'est-à-dire les condamne à se faire toujours dans le même sens et à ne pouvoir, par conséquent, remonter le cours du temps. Il nous apprend que le monde ne peut faire machine en arrière, ni reproduire, dans un ordre inverse, les scènes de son passé, puisque la qualité de l'énergie, ou l'énergie utilisable, diminue progressivement. Certains physiciens regardent donc le principe de Carnot comme un principe d'*évolution* et l'énoncent en disant

[1]) Meyerson, *Identité et réalité*, p. 290. Paris, Alcan, 1912.

[2]) Ostwald, *L'évolution d'une science, la chimie*, p. 340. Paris, Flammarion, 1910.

« qu'un système isolé ne passe jamais deux fois par le même état » [1]).

Enfin, le troisième principe ou principe d'Hamilton détermine davantage le sens suivant lequel se fait l'évolution de l'univers, c'est-à-dire la voie qu'il suit pour atteindre le nivellement complet de toutes les énergies. Cette voie est celle qui lui demande la moindre dépense d'énergie. M. Lebon se sert à ce sujet d'une ingénieuse comparaison que nous aimons à reproduire. « D'après le principe de Carnot, dit-il, les fleuves descendent vers la mer et ne remontent pas leur cours. D'après le principe d'Hamilton nous pouvons ajouter que les fleuves se dirigent vers la mer par le chemin qui demande à l'écoulement de l'eau le moindre effort, c'est-à-dire celui de la plus grande perte » [2]).

204. **Résumé de la théorie énergétique.** — Telle est, dans ses grandes lignes, la théorie nouvelle. Avec la théorie électronique, le mécanisme et le néo-mécanisme, elle représente les principales tendances entre lesquelles se partagent aujourd'hui les savants qui étudient la nature inanimée.

Système de réaction contre le mécanisme, l'énergétique condamne, au nom de la science et de l'expérience, l'identification des forces avec le mouvement local.

Bien plus, entraînée par son esprit d'opposition, elle s'interdit tout essai d'explication des phénomènes matériels.

Elle ne voit dans l'univers qu'un vaste complexus d'énergies variées dont les transformations sont régies par quelques principes fondamentaux, qui ne sont eux-mêmes que des expériences généralisées, savoir : le principe de la conservation de l'énergie, le principe de Carnot et le principe d'Hamilton.

Ces principes une fois admis, elle en déduit des formules

[1]) Clausius, *Le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur (Revue des Cours scientifiques*, 1868), p. 158. — Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 131. Paris, Flammarion, 1910.

[2]) Lebon, *L'évolution des forces*, p. 46. Paris, Flammarion, 1908.

générales qu'il est aisé d'appliquer ensuite à chaque cas particulier, car les expériences détaillées permettent de déterminer les quantités contenues dans ces formules.

De la sorte, elle décrit et classe les phénomènes et leurs lois ; elle dispose de la manière la plus simple et la plus utile les matériaux fournis par la physique expérimentale.

Pour certains physiciens, la théorie supprime même la matière, idole de la théorie mécanique, et n'admet d'autre réalité dans le monde que le phénomène-énergie.

Tel est le but et le rôle de l'énergétique.

ARTICLE II

Examen philosophique de l'énergétisme

205. Premier avantage de cette théorie. Restauration de la qualité dans le domaine scientifique. — Du point de vue philosophique, la théorie nouvelle contient plusieurs doctrines qui la font préférer au mécanisme ancien et moderne.

La plus importante de ces doctrines est la restauration de la qualité dans le domaine scientifique, restauration d'autant plus fondée qu'elle résulte des principes de la théorie, comme le règne de la quantité avait été la conséquence des principes du mécanisme.

Pour le mécanisme, avons-nous dit, la notion primitive, fondamentale est la notion du mouvement local. Tous les autres phénomènes doivent s'y réduire, et si, à l'heure présente, cette réduction n'est pas encore un fait accompli, ou soulève même de graves difficultés, le mécanisme conserve l'espoir de la réaliser un jour [1]).

Guidée par cette conception de l'univers, la théorie mécanique n'admet donc d'autres énergies que les énergies relevant du mouvement local ou de la position des corps dans l'espace. Les principes sur lesquels elle appuie la théorie physique n'ont aussi d'autre objet que le mouvement spatial ou les notions qui s'y réfèrent, tels les espaces et temps homogènes, les déplacements, la vitesse, les masses, les accélérations, etc... [2]).

[1]) REY, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, p. 259. Paris, Alcan, 1907.

[2]) THOMSON, *Revue générale des Sciences*, p. 258, 1903. — HELMHOLTZ, *La conservation de la force*. Paris, Masson, 1869. « La matière en elle-même

Il est clair qu'à raison de pareille méthode et de pareille tendance, les mécanistes anciens et actuels ne peuvent plus logiquement accorder une place aux *qualités,* c'est-à-dire à ces réalités stables, permanentes, bien que susceptibles de variations, qui sont pour le corps les principes immédiats de ses multiples activités. La quantité seule a droit de cité dans les sciences physico-chimiques. C'est d'ailleurs ce que reconnaissent sans réserve les partisans les plus décidés du néo-mécanisme [1]).

Sans doute, plusieurs mécanistes maintiennent dans leurs formules l'élément force, mais là même où ce terme est employé dans un sens qualitatif, — cas plutôt exceptionnel, — il ne désigne souvent que la force mécanique destinée à produire le mouvement ou à conserver l'équilibre.

Avec l'énergétique, au contraire, le mouvement local perd cette souveraine importance que lui attribuait le mécanisme, et reprend sa place bien modeste au milieu des phénomènes si divers dont le monde est le théâtre. Il est un phénomène particulier auquel nous n'avons aucun droit de réduire les autres. C'est l'énergie qui devient la notion fondamentale embrassant l'ensemble des propriétés et des transformations de la matière. Et comme le mouvement local ne représente plus qu'une des multiples activités corporelles, la notion d'énergie apparaît du même coup comme une notion générique englobant des espèces diverses, notamment l'énergie calorifique, l'énergie électrique, l'énergie luminique, etc... Les qualités bannies de la science par le mécanisme redeviennent de la sorte l'objet principal de la physique.

Ce premier principe, qui établit entre le mécanisme et l'énergétique une différence radicale, est, on le comprend, d'une portée considérable. La substitution de l'énergie au mouve-

n'éprouve d'autre changement que celui de la position *dans l'espace,* c'est-à-dire le mouvement », p. 59.

[1]) Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains,* pp. 265 et suiv. Paris, Alcan, 1907.

ment local a élargi les bases de la physique à tel point que le mécanisme n'est plus qu'une partie restreinte de la science de la nature. Mais en même temps, la substitution de la qualité à la quantité pure a fait disparaître, au moins en grande partie, l'antagonisme qui règne depuis Descartes entre la théorie scolastique et la conception physique des phénomènes naturels.

M. Duhem avait déjà signalé cet heureux résultat de la théorie nouvelle. L'énergétique, dit-il, est une théorie des qualités et une mathématique universelle. En accordant aux qualités la large place qui leur revient en physique, elle est une réaction contre les idées cartésiennes et un retour aux principes les plus profonds des doctrines péripatéticiennes [1]).

En réalité, l'identification de tous les phénomènes avec le mouvement local contredit si manifestement au témoignage des sens, que des savants eux-mêmes, notamment M. Ostwald, la condamnent au nom de l'expérience sensible [2]). D'autres y voient une mutilation de la réalité, une altération des phénomènes entreprise dans le but de les faire rentrer dans le cadre étroit du mécanisme, ce qui souvent voile les analogies fécondes et empêche les progrès de la science [3]).

Qu'il se produise du mouvement local dans toutes les variations de la matière, encore même qu'il ne soit pas toujours visible, tous le concèdent. Qu'il n'y ait que du mouvement local, c'est une conception que la métaphysique, d'accord avec les données sensibles les plus incontestables, tient pour inadmissible [4]).

Il faut donc savoir gré aux énergétistes d'avoir rompu avec cette vieille tradition mécanique, en donnant à la physique une base naturelle où la science et la philosophie peuvent désormais se concilier.

[1]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, pp. 334-335. Paris, Joannin, 1903.
[2]) Ostwald, *L'énergie*, p. 126. Paris, Alcan, 1910.
[3]) Mach, *Die Principien der Wärmlehre*, S. 429.
[4]) Cfr. D. Nys, *Cosmologie*, 1 vol., nos 113-125.

206. Deuxième avantage. Avec raison, cette théorie se désintéresse de la substance. — A côté de ce premier avantage, l'énergétique en présente un autre qu'il importe de mentionner : elle a le mérite d'exclure de la physique un genre de recherches qui n'est pas de sa compétence, savoir, les recherches relatives à la substance même des êtres.

La physique, écrit M. Mach, a pour objet exclusif les sensations, c'est à-dire les phénomènes perçus par les sens [1]).

« La physique actuelle, ajoute M. Duhem, n'est pas une métaphysique ; elle ne se propose pas de pénétrer derrière nos perceptions pour saisir l'essence et la nature intime de ces perceptions. Tout autre est son but » [2]).

Telle est aussi l'opinion de M. Ostwald [3]).

Cette tendance de l'énergétique à ne point dépasser dans ses investigations l'objectivité phénoménale de la matière, s'accentue de plus en plus chez les hommes de science. A l'encontre de Descartes et de son école qui proclamaient l'homogénéité de la matière comme un résultat des données expérimentales et une déduction de la philosophie naturelle, les néo-mécanistes eux-mêmes ont renoncé à la prétention de découvrir les principes essentiels de l'être corporel, d'atteindre la substance cachée sous les phénomènes dont elle est le siège.

Certes, la cosmologie ne peut qu'applaudir à cette nouvelle délimitation du champ de la physique.

Du point de vue scientifique, on ne voit pas quel avantage immédiat le physicien retirerait d'une étude qui aurait pour objet la nature intime, l'origine, les destinées de la substance corporelle, car l'analyse complète des phénomènes physiques ne présuppose point la solution de pareils problèmes cosmologiques.

Mais du point de vue philosophique, il n'est pas sans

[1]) Mach, *Analyse der Empfindungen*, S. 1-7.

[2]) Duhem, *Le mixte et la combinaison chimique*, pp. 202-205. Paris, Naud, 1902.

[3]) Ostwald, *L'énergie*, pp. 166-169. Paris, Alcan, 1910.

danger pour le physicien de vouloir résoudre ces questions. Si une force physique peut se révéler complètement dans un ensemble de phénomènes se référant à la physique, la substance corporelle, au contraire, ne manifeste jamais totalement sa nature intime dans les données d'aucune science spéciale, pour le motif qu'elle est le substrat et la source de tous les phénomènes, de toutes les manifestations dont les diverses sciences se partagent l'étude. Telles activités appartiennent à la chimie ; ce sont les transformations profondes de la matière. Telles autres sont du domaine de la physique, par exemple, les forces et les propriétés communes de l'être corporel. D'autres enfin, telles les formes cristallines et les influences multiples qu'exerce la matière cristallisée sur les propriétés physiques, constituent l'objet de la cristallographie.

Pour déceler la nature de la réalité substantielle, il faut donc interroger l'ensemble de ses manifestations, son rayonnement accidentel total.

A vouloir porter un jugement sur cet être caché, d'après les données d'une seule science, on se laisse forcément guider par une vue fragmentaire, incomplète de la réalité ; de là à l'erreur il n'y a qu'un pas.

Telle fut la cause de l'échec du mécanisme ancien sur le terrain de la métaphysique. Au lieu de plier l'expérience à ses principes pour conserver l'unité de la doctrine, il aurait assurément modifié la doctrine s'il était resté plus en contact avec la totalité des faits. En dehors du mouvement local, il aurait découvert de multiples activités irréductibles au mouvement et non moins réelles que lui, des richesses trop variées pour être l'apanage d'une substance homogène.

En ne réservant à la physique que la réalité phénoménale, l'énergétique a donc circonscrit cette science dans ses frontières naturelles et supprimé du même coup une source de malentendus et de perpétuels conflits avec la cosmologie.

Tels sont les deux titres que possède la théorie nouvelle au bienveillant accueil des cosmologues.

On en conclurait à tort que ceux-ci peuvent s'y rallier sans réserve. Pour avoir évité certains écueils où le mécanisme menace de sombrer, cette théorie n'est cependant pas à l'abri de toute critique.

207. Défauts de l'énergétique. Elle a tort de se désintéresser de la nature des phénomènes. — Bien que les énergétistes aient fait preuve de sage prudence en restreignant à la réalité phénoménale l'objet de la physique, on peut se demander si la méthode employée dans l'étude de cet objet est en tous points recommandable, au point de vue de la philosophie naturelle.

L'énergétique, on le sait, s'interdit toute enquête sur la nature des phénomènes. Synthétiser les données expérimentales, les classer, exprimer en formules mathématiques leurs rapports, l'ordre de leur succession, leurs effets, tel est son but primordial. La théorie nouvelle, en un mot, est une méthode de classification, sans plus. Or, est-il souhaitable, dans l'intérêt de la science et de la philosophie, que la physique érige en principe pareil exclusivisme, s'abstienne de parti pris, de toute recherche, de tout jugement sur la constitution des propriétés de la matière ? Nous ne le croyons pas.

Le physicien a le libre choix de ses méthodes et nul ne lui fera un grief d'accorder ses préférences à celle qui simplifie davantage le travail intellectuel, ou, comme le dit M. Mach, qui réalise le mieux l'économie de la pensée. A en croire ses partisans et ses adversaires, l'énergétique atteint parfaitement ce but, constitue un répertoire d'un emploi commode et économique.

Il reste cependant vrai qu'une simple classification des phénomènes ne répond pas aux légitimes aspirations de nos intelligences [1]). D'instinct, nous cherchons à découvrir la

[1]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 299. Paris, Flammarion, 1908.

nature de ces phénomènes. Sans être un professionnel de la physique ou de la chimie, qui ne s'est demandé ce que sont la chaleur, l'électricité, la lumière, quel est le caractère intime de cette force mystérieuse toujours en action dans les combinaisons et décompositions des corps?

Or, le physicien, moins que tout autre, ne peut se soustraire à ces exigences de notre nature raisonnable, car nul n'a de contact aussi fréquent avec le monde de la matière. Les expériences de laboratoire qui, à l'heure présente, occupent une si grande place dans la formation du physicien, ne lui permettent-elles pas de saisir sur le vif les plus minutieuses manifestations des forces physiques ? Dès lors, pourquoi, en possession de cette multitude de faits où les propriétés corporelles se déploient sous leurs modalités les plus diverses, ne tenterait-il pas une hypothèse explicative ? Pourquoi, par exemple, ne pourrait-il pas, sans abandonner le vrai terrain de la physique, soulever ce problème : comment faut-il concevoir la chaleur pour rendre compte de la totalité des phénomènes qui s'y réfèrent ?

Si la nature de ces propriétés doit rester pour nous une énigme, l'attitude des énergétistes s'explique. Mais l'aphorisme de Du Bois-Reymond, « ignoramus et ignorabimus » n'est-il pas démenti par l'expérience elle-même ? Nous ne vivons pas dans un monde d'illusions. Quelque imparfaite que soit notre connaissance du monde extérieur, elle est objective et réelle, et partant, il faut bien qu'entre l'essence de la propriété et son rayonnement sensible, il y ait un rapport de cause à effet. N'eût-on d'autre espoir que de soulever un coin du voile qui nous cache cette réalité plus profonde, la physique aurait encore une assez noble mission à remplir pour ne point concentrer toute son activité dans un travail de pure classification.

La cosmologie, on le comprend, retirerait de ces hypothèses de précieux avantages. A la lumière des phénomènes mieux connus, elle pourrait avec plus d'assurance se livrer à la recherche des causes substantielles. Les faits et leurs lois ne

sont-ils pas la base et le point de départ de toute induction cosmologique ?

De son côté, la physique, elle aussi, pénétrant plus avant dans la connaissance de son objet naturel, découvrirait probablement, entre les diverses qualités de la matière, des relations insoupçonnées, des analogies nouvelles et fécondes, la raison explicative de maints phénomènes qui ouvriraient la voie à d'importantes découvertes.

L'exclusivisme préconisé par les énergétistes nous paraît donc un défaut plutôt qu'une qualité. Plusieurs physiciens, d'ailleurs, lui adressent ce reproche.

Van 't Hoff, malgré ses sympathies pour la théorie nouvelle, exprime le regret de ne pas y trouver de place pour l'hypothèse [1]).

M. de Heen a la critique plus mordante : « Qu'il nous soit permis, dit-il, de constater ici qu'il existe une école de savants atteints d'un mal intellectuel qu'on pourrait désigner sous le nom de pessimisme scientifique. Elle paraît s'être condamnée à ne jamais tâcher de savoir : pour elle toute conviction qui n'a pas la certitude du fait observé est d'importance nulle... Au contraire, ajoute-t-il, la physique a pour mission de remonter le plus possible à la nature des choses... à rechercher la cause des phénomènes » [2]).

« La mécanique énergétique, écrit M. Lebon, trouvant plus simple d'ignorer la matière que de chercher à l'expliquer, ne conduira jamais à une conception philosophique très haute. La science n'aurait jamais progressé si elle s'était refusée à tâcher de comprendre ce qui lui semblait d'abord inaccessible » [3]).

Citons enfin l'opinion de M. Picard : « L'importance du point de vue énergétique est immense, dit-il, et personne ne

[1]) Van t' Hoff, *Leçons de chimie physique*, I, p. 9.

[2]) De Heen, *La chaleur*, p. 5.

[3]) Lebon, *L'évolution des forces*, p. 54. Paris, Flammarion, 1908.

songe à le nier, mais on peut penser qu'il y a là un esprit exclusif peu favorable à l'invention scientifique » [1]).

En fait, cette crainte de toute hypothèse explicative n'est-elle pas, au moins en partie, le résultat d'un scepticisme scientifique exagéré ?

Sans doute, de très nombreuses hypothèses ont vu le jour depuis une cinquantaine d'années. Combien se sont écroulées après une période de gloire plus ou moins longue, supplantées par d'autres hypothèses qui, selon toute probabilité, subiront le même sort dans un avenir plus ou moins rapproché !

Pareille déception doit-elle abattre l'enthousiasme et la confiance du chercheur ?

Nullement. Même lorsqu'elles sont de courte durée, les hypothèses rendent, d'ordinaire, de réels services et peuvent être parfois la cause d'importantes découvertes. Chaque travailleur conçoit le plan d'un édifice et taille des matériaux pour réaliser ce plan ; l'édifice s'écroule, mais les matériaux qui ont servi à le bâtir figurent souvent en bonne place dans le monument nouveau. Au travers des vicissitudes qui renversent les unes sur les autres les théories éphémères, une idée directrice semble veiller à ce qu'aucun effort sincère vers la vérité ne demeure vain et stérile. Le créateur d'une doctrine est ainsi le précurseur inconscient des doctrines qui la remplacent [2]). Si les progrès sont plus lents dans ce genre de recherches, le but élevé qu'on se propose est digne du patient labeur qu'il provoque.

Malgré certains avantages réels de la méthode énergétique, nous regrettons donc que les théories qui s'en inspirent aient cessé d'être le prolongement naturel de l'expérience et s'en montrent même, en général, complètement indépendantes, telle, par exemple, la théorie physique de M. Duhem.

[1]) Picard, *De la science (De la méthode dans les sciences)*, p. 27. Paris, Alcan, 1910. — On trouvera de nombreuses critiques d'ordre psychologique dans l'ouvrage de M. Rey, *L'énergétique et le mécanisme au point de vue des conditions de la connaissance*, Paris, Alcan, 1908.

[2]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, p. 346. Paris, Joannin, 1903.

Selon ce savant, le physicien n'a pas à se préoccuper des données expérimentales dans la construction de sa théorie. Il choisit à son gré ses principes et ses postulats, et à partir de ces principes, il peut suivre n'importe quelle voie, ne tenir aucun compte des faits. La théorie est admissible si elle évite toute contradiction, si elle reste d'accord avec elle-même et si ses conclusions viennent rejoindre les faits d'expérience. Elle n'est donc ni vraie ni fausse ; elle est une simple classification, ou mieux, elle tend à devenir une classification naturelle ; mais aussi longtemps qu'elle n'a pas atteint sa forme définitive, elle ne peut avoir qu'une valeur méthodologique et instrumentale [1]).

Ostwald, lui aussi, ne veut voir dans la théorie qu'un instrument de méthode ou de recherche scientifique. « A l'explication de la nature, dit-il, il faut substituer la simple description des faits » [2]).

D'évidence, pareilles théories physiques, malgré leur immense importance, sont dépourvues de tout intérêt cosmologique.

208. Erreurs provenant d'une fausse interprétation de l'énergétique, 1re erreur : la négation de la substance. — Il faut bien le reconnaître, la réaction inaugurée par l'énergétique a malheureusement dépassé, chez plusieurs de ses partisans de marque, les justes limites imposées par les faits et la raison elle-même.

Conformément à la méthode préconisée, les physiciens cessent d'étendre leurs investigations au delà des phénomènes. C'est leur droit. Mais leur indifférence légitime à l'égard de la substance les autorise-t-elle à en nier l'existence ? Assurément non.

1) Duhem, *La théorie physique, son objet, sa nature*, pp. 24-43. Paris, Chevalier, 1906.

2) Ostwald, *La déroute de l'atomisme contemporain (Revue générale des Sciences*, 1910), p. 958.

Telle n'est point cependant l'opinion de plusieurs énergétistes. Tandis que M. Lebon se contente de mettre en doute la réalité substantielle, M. Ostwald n'admet que le phénomène-énergie et M. Mach déclare contradictoire la notion même de la « chose en soi ». L'univers se ramène de la sorte à une série continue de phénomènes toujours en voie de transformation, doués du privilège de ne pouvoir disparaître que pour réapparaître sous des formes nouvelles qui préparent elles-mêmes le retour des formes antérieures.

209. **Critique de ce phénoménalisme.** — Ce phénoménalisme outré est d'autant plus regrettable qu'il ne fait point partie intégrante de la théorie, et ne découle point de ses principes. M. Duhem, par exemple, dont on connaît les sympathies pour la physique énergétique, est substantialiste convaincu. Pour lui, le noumène est tout aussi réel et objectif que le phénomène. Sans en nier l'existence, qu'il établit par ailleurs, il en fait simplement abstraction en physique parce que cette science n'a pas à s'en occuper.

Combien cette attitude semble rationnelle et prudente, surtout chez le physicien énergétiste qui s'interdit en principe toute incursion dans les régions de l'ultra-phénomène !

D'où vient donc ce phénoménalisme [1] ?

Ce phénoménalisme scientifique tire en partie son origine, croyons-nous, d'une fausse conception des rapports de la substance avec ses propriétés.

D'ordinaire les auteurs précités se représentent la substance comme une réalité inerte, indifférente à l'égard de son décor

[1]) On ne peut nier que l'évolution rapide de ce système soit due aussi à l'influence de la psychologie pragmatiste. M. Mach, l'un des phénoménalistes les plus ardents, s'est manifestement inspiré des idées nouvelles. Ce n'est pas le lieu d'entreprendre la critique de cette psychologie dont le crédit, d'ailleurs, ne cesse de décroître. Mais il paraît au moins fort étrange de voir la psychologie imposer ses lois à la science physique qui devrait, au contraire, constituer la base de toutes les disciplines philosophiques.

accidentel et des activités qui se déploient en elle et autour d'elle [1]). Ils ne lui attribuent d'autre rôle que de soutenir les accidents, de les maintenir dans l'existence. L'être corporel se trouve ainsi divisé en deux parties : l'une, les propriétés constituant à elles seules la totalité des agents et des phénomènes cosmiques; l'autre, la substance n'ayant aucune part dans la vie et l'évolution de l'univers et échappant complètement aux sens et à l'intelligence. Ainsi conçue, la réalité substantielle paraît un élément de luxe dont la disparition ne compromet en aucune manière le cours de la nature.

Or, pareille conception est une caricature de la théorie substantialiste. Sans doute, par un travail abstractif, naturel à l'homme et indispensable d'ailleurs au physicien, on peut étudier isolément les propriétés d'un être; en fait, cependant, substance et accidents ne sont point des entités accolées l'une à l'autre ; elles constituent un tout, un seul être dans lequel les énergies foncières et subsistantes se canalisent, se spécifient et se manifestent par des énergies secondaires, appelées propriétés.

Au surplus, de deux hypothèses, l'une : ou bien les propriétés contiennent en elles-mêmes tout ce que requiert une existence indépendante, et dans ce cas, il y a autant de substances que de propriétés. Ou bien ces qualités ne réunissent pas toutes les conditions d'existence, et dans cette hypothèse, elles ont besoin d'un sujet d'adhérence qui supplée à leur insuffisance native. Les propriétés deviennent alors les modalités ou les aspects objectivement distincts de l'être corporel.

La peur de la substance force donc les phénoménalistes à multiplier sans motif les substances, ou à souscrire à la plus manifeste des contradictions, savoir, qu'une chose existe, bien que dépourvue de ce que nécessite l'existence.

Et puisque la substance s'impose, n'est-il pas plus conforme à l'expérience d'admettre que toutes les propriétés, toujours

[1]) Ostwald, *L'énergie*, p. 170. Paris, Alcan, 1910.

unies en un même point de l'espace, toujours solidaires les unes des autres, toujours groupées en un faisceau indissoluble, ont une commune origine, une commune existence, en un mot, qu'elles sont le signalement d'une substance corporelle ?

Considérée sous cet angle, la substance cesse d'être ce que M. Mach appelle « la monstrueuse et inconnaissable chose en soi qui se cache derrière les phénomènes » [1]), pour devenir le principe primordial, organisateur et régulateur de l'évolution cosmique.

Telle est la pensée qu'exprime L. Poincaré dans son bel ouvrage sur la *Physique moderne* : « Du point de vue philosophique, il est d'ailleurs assez difficile de ne pas conclure des qualités que révèlent les formes variées de l'énergie à l'existence d'une substance possédant ces qualités ; cette énergie qui réside en une région, qui se transporte d'un endroit à un autre, éveille forcément, quoi que l'on en ait, l'idée de la matière » [2]).

210. Deuxième erreur : la négation de la matière. — Il est un reproche beaucoup plus grave que nous devons adresser à l'énergétique : c'est d'être devenue, au moins chez plusieurs de ses partisans les plus convaincus, une théorie dynamique, exclusive de la matière. Toute la réalité cosmique se résume en un mot, l'énergie ; la matière est bannie de la physique comme un élément inutile.

« Le caractère distinctif de l'énergétique, écrit M. Ostwald, est l'abandon du dualisme qui a régné jusqu'ici entre la matière et l'énergie ; celle-ci y prend la place du concept le plus général... Non seulement la matière doit supporter le voisinage de l'énergie, comme on le voit dans les traités

[1]) Mach, *La connaissance et l'erreur*, p. 23. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 69, Paris, Flammarion, 1909. Il se peut que certains auteurs ne refusent l'existence subsistantielle qu'à la matière et l'attribuent à l'énergie. Nous rencontrerons plus loin cette opinion.

modernes de sciences naturelles, écrits dans un esprit de progrès, mais il lui faut céder la place sans conditions et rentrer comme une reine déchue dans son douaire, où elle s'éteindra au milieu des courtisanes de sa vieillesse » [1]).

« La transformation de la matière en énergie, réalisée dans nos laboratoires, dit M. Lebon, a prouvé que l'antique dualité entre la force et la matière devait disparaître » [2]).

La sentence, on le voit, est radicale.

211. Critique de cette théorie. Sens vrai du mot « matière ». — Avant de soumettre à un examen critique ce dynamisme nouveau et les preuves invoquées en sa faveur, il est nécessaire, semble-t-il, de fixer d'abord le sens des deux termes que l'on prétend substituer l'un à l'autre, « matière » et « énergie ».

Qu'est-ce que la matière ?

Il résulte de la critique du mécanisme et du dynamisme, qu'il faut comprendre sous le nom de matière, toute réalité subsistante, naturellement étendue dans l'espace, douée de masse, de poids et de certaines propriétés communes, notamment, la chaleur, l'électricité, le magnétisme, l'affinité chimique, les forces attractives et répulsives. Ces propriétés ont leurs racines dans le fond substantiel et lui restent indissolublement unies, bien qu'elles soient soumises à la loi générale du changement.

Jusqu'en ces dernières années, les physiciens croyaient que la masse ou l'inertie n'était pas soumise à l'empire de cette loi et lui attribuaient le privilège de l'invariabilité. La théorie électronique a ébranlé cette antique conviction ; elle paraît même établir péremptoirement, à en croire certains savants, que la masse varie et s'accroît d'une manière très appréciable

[1]) Ostwald, *L'évolution d'une science, la chimie*, pp. 313 et 314. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Lebon, *L'évolution de la matière*, p. 309. Paris, Flammarion, 1910.

dans les cas de grandes vitesses se rapprochant de la vitesse de la lumière.

Il est prématuré de porter un jugement définitif sur une question encore débattue. Quoi qu'il en soit de cette découverte, fût-elle même fondée, elle ne peut compromettre les destinées de la matière, ni mettre son existence en danger. Ce qui caractérise la matière, c'est l'exigence naturelle qu'elle manifeste à l'égard de ses propriétés et partant l'impossibilité pour elle d'en être totalement dépouillée. Mais rien ne nous prouve qu'il lui est essentiel de les posséder à tel ou tel degré invariable.

On dira peut-être : si toutes les propriétés, sans exception, sont susceptibles de variations, que devient le principe de la conservation de la matière ?

Nous répondrons qu'il en serait de ce principe comme de tant d'autres que la science mieux informée a modifiés, élargis ou restreints. Lavoisier qui en est l'inventeur l'avait formulé au nom de l'expérience. A l'expérience de nous dire si ce principe a un caractère absolu, ou s'il faut le regarder comme une loi simplement approchée.

Cependant, même dans cette dernière hypothèse, on pourrait soutenir encore, non sans raison, qu'à travers les transformations de la matière et sous le faisceau des propriétés variables, persiste inchangé ce substrat indéterminé, identique chez tous les êtres, appelé par les scolastiques « matière première ». Malgré les vicissitudes inccessantes des principes spécifiques et de leurs manifestations accidentelles, cette matière première constituerait donc la seule réalité invariable de l'univers.

Bien qu'à notre avis, la masse soit l'expression directe de cette matière première et paraisse devoir participer à son privilège d'invariabilité, aucun fait ne nous force à la rendre indépendante de toute influence extrinsèque. Les propriétés naturelles de la matière ne relèvent pas uniquement de la nature des corps ; elles sont, dans une certaine mesure, fonc-

tion du milieu. L'affinité chimique, l'atomicité, qui comptent parmi les plus importantes, n'ont-elles pas un caractère essentiellement relatif ? Est-il possible de les définir autrement que sous la forme de relations ? L'affinité n'est-elle pas abolie aux températures très basses ? Le phosphore et le potassium, cependant si énergiques, ne deviennent-ils pas inertes dans l'oxygène liquide ? De même, veut-on définir l'état naturel de l'eau ? Ne faut-il pas de toute nécessité faire intervenir la température et dire : l'eau est un corps liquide, mais à la condition que sa température soit supérieure à 0° et inférieure à 100 degrés [1]) ?

Les variations de la masse sous l'influence des grandes vitesses rentreraient donc sous la loi générale des transformations de la matière.

212. **Sens du mot « énergie »**. — La seconde notion dont il importe de connaître le sens exact est celle d'énergie.

Nous en avons déjà donné la définition scientifique, définition vague, imprécise à cause des éléments disparates qu'elle doit englober. Cependant, mal gré qu'on en ait, cette notion d'énergie implique essentiellement, nous semble-t-il, un pou-

[1]) L. POINCARÉ, *La physique moderne, son évolution*, pp. 118 et suiv. Paris, Flammarion, 1909. D'après ce physicien, la variabilité de la masse ne serait même pas une conséquence nécessaire de la théorie électronique. « On considère l'atome, dit-il, comme constitué par un centre chargé positivement, ayant sensiblement la grosseur de l'atome autour duquel gravitent les électrons ; on peut supposer que ce centre conserve les caractères fondamentaux de la matière et que les électrons, seuls, n'ont plus qu'une masse électromagnétique. » p. 300. « Les mesures de l'inertie des électrons, écrit M. Lebon, n'ont porté que sur les électrons négatifs, les seuls qu'on puisse isoler entièrement de la matière. Elles n'ont pas été effectuées sur les ions positifs. Demeurant inséparables de la matière, ces derniers en possèdent la propriété essentielle, c'est-à-dire une masse constante indépendante de la vitesse. » *L'évolution de la matière*, p. 121. Paris, Flammarion, 1910. — Cfr. BRUNHES, *La dégradation de l'énergie*, p. 303. — BOUCHER, *Essai sur l'hyperespace*, p. 113. Paris, Alcan, 1905. — LODGE, *La vie et la matière*, p. 29. Paris, Alcan, 1909.

voir d'action sinon actuel, au moins possible dans certaines circonstances déterminées. Deux corps, dit-on, maintenus à la même température, possèdent de l'énergie bien qu'ils ne puissent exercer aucune action l'un sur l'autre. Soit, mais il est certain que tous les deux peuvent agir sur des corps plus froids. La chaleur, qui est une forme d'énergie dégradée ou inférieure, équivaut à une forme supérieure en présence d'un milieu refroidi au zéro absolu. Dans ce cas, actuellement encore hypothétique, elle serait apte à se transformer totalement en travail mécanique. Jamais, croyons-nous, on ne donnerait le nom d'énergie à une réalité qui, dans aucun cas, ne pourrait exercer une activité quelconque.

D'ailleurs, que tel soit le sens vrai, sinon explicite, du terme « énergie », nous en avons une preuve dans les arguments invoqués par le défenseur attitré de l'énergétique en faveur de l'existence de différentes espèces d'énergies. Le fait, dit M. Ostwald, qui nous autorise à distinguer qualitativement les énergies cosmiques, ce sont les *actions* diverses qu'elles exercent sur nos organes sensoriels [1]). D'après le même auteur, l'espace lui-même ne doit-il pas prendre place parmi les énergies, pour le motif qu'il faut dépenser du travail pour le pénétrer [2]) ?

[1]) Ostwald, *L'énergie*, p. 128. Paris, Alcan, 1910.

[2]) Id., *Vorlesungen über Naturphilosophie*, Leipzig, Veit und Comp., pp. 283-284 et passim, 1902. D'après le savant allemand, l'énergétique nous donne une solution complète et facile du problème de la causalité. « En effet, dit-il, décrire un phénomène, c'est faire connaître les énergies qui subissent des changements, soit dans le temps, soit dans l'espace. De même, indiquer dans quelles circonstances se produit un phénomène, revient à décrire la manière d'être des énergies présentes. » *Ouv. cit.*, p. 295.

A notre avis, pareille solution est dépourvue de toute valeur. Le problème de la causalité n'est nullement identique à la loi des transformations et de la conservation de l'énergie. Si la description des métamorphoses subies par l'énergie peut exprimer les caractères d'un phénomène, elle ne nous fait point connaître la cause des métamorphoses constitutives du phénomène. Le problème de la causalité reste entier.

Au surplus, la célèbre définition de Thomson [1]), considérée par M. Brunhes comme la seule définition scientifique, irréprochable et complète de l'énergie, ne nous fait-elle pas connaître cette réalité, uniquement par les effets qu'elle peut ou pourrait réaliser dans telles circonstances déterminées [2]) ?

Les énergétistes, nous l'avons dit plus haut, nous mettent en garde contre la confusion trop commune de la force et de l'énergie. Cette distinction, très légitime d'ailleurs en mécanique, ne contredit en rien notre interprétation. Toute quantité d'énergie peut être évaluée en travail. Et le travail est équivalent au produit de l'intensité de la force par l'espace parcouru. Or, il est clair que si la force n'est ici qu'une partie de l'énergie, la raison en est que, sous le nom de force, on entend seulement l'intensité de l'action, tandis que sous le nom d'énergie on comprend l'intensité et la quantité d'action.

L'énergie est donc un vrai pouvoir dynamique considéré sous son double aspect qualitatif et quantitatif, bien qu'elle ne soit pas une force au sens mécanique du mot. En fait, toute force concrète jouit, parce que liée à la matière, de ce double caractère intensif et extensif.

Au surplus, tous les physiciens en conviennent, lorsqu'il s'agit d'énergie purement mécanique, soit potentielle, soit cinétique, les notions d'*énergie* et de *puissance motrice* deviennent synonymes [3]). Or, ce fait suffit à lui seul à nous révéler la tendance dynamique de la théorie nouvelle.

213. L'étude des faits permet de concilier l'énergie et la matière. — Le sens des termes fixé, nous pouvons examiner le dynamisme énergétique.

Ce dynamisme, disons-nous, est exagéré et s'appuie sur

[1]) Thomson, *Mathematical Papers*, I, p. 222. — Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 258. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Voir plus haut, p. 354 (en note).

[3]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 43. Paris, Flammarion, 1908.

une conception défectueuse de la nature matérielle. Il y a deux manières de classer sous l'étiquette « énergie » l'ensemble des propriétés de la matière.

Ou bien, on considère *certaines* propriétés comme constitutives du pouvoir d'action qui caractérise l'énergie, et les autres propriétés, soit comme moyens de mesure, soit comme conditions d'activité.

Ou bien, on les regarde *toutes* comme des éléments constitutifs du pouvoir dynamique, ou, pour employer le langage actuel, comme facteurs d'énergie.

La première classification et l'idée dont elle s'inspire sont parfaitement conciliables avec la théorie scolastique ; elles semblent être le décalque de l'expérience. La seconde, au contraire, admise par l'énergétique, conduit à un dynamisme absolu. L'analyse de quelques faits élucidera et justifiera notre pensée.

Considérons l'énergie gravifique. Comme toute énergie, d'ailleurs, elle comprend deux facteurs : l'un, la quantité, représentée par des kilogrammes ; l'autre, l'intensité ou la tension, représentée par la hauteur de chute. Leur produit exprime l'énergie gravifique.

En réalité, que contient cette énergie ?

D'abord une force proprement dite, la pesanteur.

Ensuite, deux réalités qui ne peuvent, par elles-mêmes, exercer aucune efficience quelconque, ni faire partie intégrante ou constitutive du pouvoir dynamique. Mais toutes les deux interviennent à titre de *mesure* de ce pouvoir : le poids en exprime la quantité, la hauteur de chute, l'intensité. Qu'est-ce, en effet, que cette hauteur de chute, sinon la distance entre la position occupée dans l'espace par le corps suspendu et la surface du sol ? Or, cette relation de distance qui resterait identique à elle-même, s'il n'y avait entre ses deux termes, le sol et la position du corps, que le vide absolu, cette relation de distance, disons-nous, ne peut exercer aucune causalité, aucune action quelconque. Mais elle mesure et con-

ditionne l'intensité de la pesanteur ; l'expérience le prouve, la grandeur du pouvoir dynamique possédé par un corps qui tombe dans l'espace, est proportionnelle à la hauteur de sa chute.

A moins donc d'admettre l'espace absolu, ou de considérer l'espace comme une substance « sui generis », indépendante des corps qui y prennent place, il nous paraît impossible d'en faire un élément constitutif de l'énergie, c'est-à-dire d'un pouvoir dynamique.

Ainsi en est-il de la masse, facteur de quantité de l'énergie cinétique.

La masse d'un corps est l'aptitude qu'il possède à réduire le mouvement qui lui est communiqué. « Si nous lançons dans l'espace avec la même dépense de travail musculaire des corps différents, ils prendront des vitesses différentes. Nous attribuons la plus grande masse au corps qui prend, dans ces conditions, la plus petite vitesse » [1]).

La caractéristique de la masse est donc son pouvoir réducteur ou sa résistance au mouvement communiqué, mais cette résistance inversement proportionnelle au carré de la vitesse, est essentiellement passive. L'impulsion donnée au corps n'est donc nullement détruite, elle reste tout entière dans le corps, mais le mouvement local qui en résulte est d'autant moins intense que la quantité de matière est plus grande.

A raison de sa nature essentiellement passive, la masse ne peut donc jamais devenir un pouvoir dynamique.

A quel titre intervient-elle dans la formule de l'énergie cinétique ? A titre de mesure du pouvoir d'action dont elle exprime exactement la quantité.

Ainsi en est-il de ce que M. Ostwald appelle énergies de surface, de volume, de forme, d'étendue.

Il résulte de ces considérations que, s'il y a dans la nature matérielle de vrais éléments dynamiques, telles la chaleur, la

[1]) OSTWALD, *L'énergie*, p. 163. Paris, Alcan, 1910.

pesanteur, l'électricité, etc., il y en a d'autres dépourvus, au contraire, de toute activité, mais liés intimement aux premiers dont ils conditionnent l'action, ou tout au moins, en mesurent soit la quantité, soit l'intensité.

Ainsi compris, le dynamisme du monde matériel est un dynamisme modéré, où se côtoient constamment la passivité et l'activité, l'élément qualitatif et quantitatif.

Le terme « énergie » conserve assez d'élasticité pour envelopper l'ensemble de ces éléments divers, à condition toutefois d'attribuer à chacun d'eux son rôle naturel, c'est-à-dire, aux uns un pouvoir dynamique, à d'autres le rôle de mesurer ce pouvoir, à d'autres enfin celui d'en conditionner l'activité.

En réalité, toutes les propriétés, sans exception, remplissent à l'égard de la dynamique de l'univers, l'une ou l'autre de ces fonctions.

214. L'énergétisme est un dynamisme exagéré. — A l'encontre de ces faits, certains énergétistes regardent l'ensemble des réalités corporelles comme autant d'éléments *constitutifs* des pouvoirs dynamiques de la nature, ce qui conduit, avons-nous dit, à un dynamisme absolu.

Or, rien n'autorise pareille conception, ainsi que le prouve l'examen des preuves invoquées en faveur de cette théorie.

Tout corps solide, dit-on, a une forme déterminée. Si on le soumet de tous côtés à une pression, son volume diminue d'une quantité très petite, sans doute, mais cependant mesurable. Si l'on fait cesser la pression, il reprend son volume primitif. Le corps solide possède donc une véritable *énergie de volume*. En effet, pour changer le volume du corps, il faut dépenser du travail, et lorsque le corps reprend son volume primitif, il cède exactement autant de travail qu'il en a absorbé précédemment. La pression est le facteur d'intensité de l'énergie de volume, la grandeur du volume est le facteur de quantité [1]).

[1]) Ostwald, *L'énergie,* p. 155. Paris, Alcan, 1910.

Que vaut cet argument ?

Qu'il faille exercer une pression sur un corps solide pour en diminuer le volume, c'est un fait incontestable. Mais quelle conclusion tirer de ce fait ?

Deux hypothèses s'offrent à nous.

Ou bien le volume comme tel constitue une énergie, un vrai pouvoir dynamique.

Ou bien le volume n'est ni une force, ni une énergie ; mais pour en conserver la grandeur, le corps possède des forces de résistance qu'on ne peut vaincre sans travail.

Les énergétistes semblent admettre la première hypothèse. De quel droit ? L'étendue appartient à la quantité continue permanente ; elle prend le nom de volume réel, lorsqu'on la considère à l'état concret où elle est toujours douée d'une triple dimension. A raison de son étendue, le corps est simplement répandu dans l'espace, ou plutôt, il y occupe une place. Or, cette idée d'étendue n'exprime aucune activité quelconque, ni du corps sur lui-même, ni du corps sur ses congénères ; elle désigne un état, sans plus.

D'autre part, on comprend que sans être lui-même une énergie, le volume apparent requiert, pour maintenir son intégrité, la mise en œuvre de certaines forces de résistance ; il est en effet fonction des forces attractives et répulsives qui s'exercent entre les particules constitutives du corps, et aussi de la pression du milieu.

Toutefois, redisons-le, ces énergies tutélaires de l'intégrité du volume ne s'identifient pas plus avec lui que la police ne s'identifie avec la maison qu'elle protège.

En second lieu, la grandeur du volume, dit-on, est un facteur de quantité, et de ce chef, elle constitue un élément essentiel de l'énergie.

Ici réapparaît la même confusion. Si l'on veut comprimer un volume, la dépense de travail doit être d'autant plus grande que le volume est plus considérable.

Suit-il de là que le volume est de l'énergie ?

Nullement, le fait s'explique avec la même facilité, si la grandeur quantitative du volume mesure la grandeur quantitative des forces contenues dans ce volume. Dans un corps homogène, par exemple, il est naturel que la quantité des forces attractives et répulsives répandues de la même manière sur toute la masse du corps, soit proportionnelle à la grandeur du volume, bien que ces forces en diffèrent essentiellement.

Le volume, on le voit, ne constitue ni l'intensité, ni la quantité d'aucune énergie ; il nous permet seulement de mesurer la grandeur quantitative des forces de résistance qu'il contient.

Le dynamisme professé par les énergétistes accorde donc à la nature matérielle un pouvoir dynamique exagéré, ou plutôt il étend ce pouvoir à de nombreuses propriétés qui en sont réellement dépourvues [1]).

215. Critique du principal argument de M. Ostwald. — On donne, dit-il, le nom de matière à tout ce qui se révèle à nos sens comme un complexus de trois propriétés fondamentales, inséparables : l'étendue, le poids et la masse. Or, ces trois propriétés sont trois facteurs d'énergie dont l'union est indispensable pour que les réalités de ce monde puissent constituer les objets de notre expérience. Dépouillé de son étendue, le corps devient imperceptible ; privé de sa masse, il prendrait une vitesse infinie sous l'influence de la plus petite impulsion mécanique ; dépourvu de poids, il ne pourrait rester à la surface du sol. Avec pareil corps, nous n'aurions plus de relation possible.

Si donc ces trois propriétés représentent le contenu intégral de la notion de matière, si d'autre part, ces mêmes propriétés sont des facteurs ou éléments constitutifs de l'énergie, la matière est, d'évidence, un élément de superfétation [2]).

[1]) Voir d'autres critiques chez Meyerson, *Identité et réalité,* pp. 387 et suiv. Paris, Alcan, 1912.

[2]) Ostwald, *L'énergie,* pp. 163-169. Paris, Alcan, 1910. *L'évolution d'une*

Telle est la conclusion du savant allemand, tel est l'unique argument dont il se réclame.

Nous venons de voir ce qu'il faut penser de la conception dynamique de ces trois propriétés fondamentales, l'étendue, le poids et la masse, quelles importantes réserves il y a lieu d'y apporter.

Examinons donc l'essai de démonstration tenté par M. Ostwald.

Nous le concédons volontiers, nos relations sensibles avec les corps disparaîtraient si les trois propriétés mentionnées n'étaient constamment et indissolublement unies. Ce fait est péremptoirement établi par l'auteur de l'énergétique.

Seulement, il reste une question préalable et de toute première importance à résoudre, savoir : pourquoi et comment ces propriétés, dont l'indissoluble union conditionne notre connaissance sensible des corps, sont-elles, en réalité, toujours unies ? Quel est le lien qui les attache les unes aux autres ?

M. Ostwald ne se pose point cette question et ne veut même pas qu'on la soulève [1]). Nous ne pouvons percevoir, dit-il, que les espaces où ces trois énergies se trouvent groupées.

D'accord ; cependant le fait de leur indissoluble union, n'étant ni passager ni accidentel, mais permanent et universel, demande une cause appropriée. Cette cause, cette raison explicative n'est-ce pas précisément la substance matérielle qu'on prétend éliminer ? Considérez, en effet, la masse, le volume, le poids comme des manifestations naturelles d'un même fond substantiel, et vous concevrez non seulement pour-

science, pp. 341 et suiv. Paris, Flammarion, 1909. — *Vorlesungen über Naturphilosophie*, S. 179-170, 173, 238, etc... Leipzig, Veit und Comp. 1902.

[1]) Ostwald, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, S. 181. Leipzig, Veit und Comp. 1902. « Die Sache liegt also nicht, dass man fragen muss : Warum kommen diese verschiedenen Energien immer in denselben begrenzten Räumen den Körpern zusammen vor ? Sondern man muss sagen : nur von den Räumen wo sie zusammen vorkommen, haben wir Kunde ».

quoi ces propriétés sont groupées, mais aussi pourquoi elles doivent l'être. La substance les exige, parce qu'elle en est la source et l'origine.

En dehors de cette hypothèse, quelle raison invoquer ? Nous n'en voyons pas.

Il y a plus ; l'hypothèse de la substance sort du domaine des hautes probabilités pour devenir une certitude, dès qu'on rend au concept de la matière toute son ampleur.

Le savant allemand lui donne pour contenu l'étendue, la masse et le poids ; l'expérience, elle, y découvre des richesses autrement variées.

A ce concept de matière correspond, en effet, un groupement très complexe de propriétés : les unes d'ordre mécanique, notamment la masse, le poids, l'étendue, les forces attractives et répulsives ; les autres d'ordre physique, tels l'électricité, le magnétisme, la lumière, la chaleur ; d'autres, enfin, se rangent sous le nom générique d'affinité chimique.

Or, ce faisceau de propriétés si variées, toujours indissolublement unies entre elles, si solidaires les unes des autres qu'elles constituent pour chaque corps un signalement infaillible, pareil faisceau, disons-nous, n'est-il pas un signe révélateur certain de la substance matérielle ? Supprimer cette source substantielle commune pour attribuer à chacune des propriétés une existence indépendante, n'est-ce pas s'interdire toute explication du lien constant qui les unit, des caractères spéciaux qu'elles revêtent dans chaque espèce de corps ?

Au surplus, il faut bien choisir : ou n'admettre pour chaque corps qu'une substance et considérer toutes les propriétés comme autant de modalités ou d'aspects objectifs de cette substance ; ou substantialiser chacune des qualités corporelles et leur accorder une existence isolée, ce qui est condamné par l'expérience.

216. Conclusions auxquelles conduit cet examen critique. — En réalité, au lieu de conduire à la suppression

de la matière, l'énergétique bien comprise nous aide à la connaître. Elle nous montre que notre connaissance du monde sensible est conditionnée par le groupement indissoluble d'un certain nombre de propriétés. Du même coup, elle nous invite à rechercher la cause de ce groupement persistant à travers les vicissitudes de la matière, et ainsi nous conduit à la cause substantielle dont ces énergies sont les instruments naturels.

Avec une précision remarquable, elle a mis aussi en relier les facteurs qui interviennent dans chaque espèce d'énergie, l'un, le facteur de quantité, l'autre, le facteur d'intensité. En fait, ces éléments énergétiques ramenés à leur véritable rôle, expriment fidèlement les divers aspects de la matière et nous font même soupçonner la dualité de ses principes constitutifs : l'un, principe de quantité, d'extension, de passivité ; l'autre, principe d'activité ou même d'intensité.

Enfin, la théorie nouvelle nous met en garde contre l'identification de l'énergie et de la force. La raison en est que, pour ranger sous le concept d'énergie toutes les réalités de ce monde, elle doit étendre le sens vulgaire et obvie de ce mot, qui, pour tous, est synonyme du pouvoir dynamique. Ainsi élargi, il comprend non seulement les qualités actives, les forces vraies de la matière, telles l'électricité, la chaleur, etc., mais des réalités dépourvues de toute causalité efficiente, aptes cependant, soit à conditionner l'exercice des forces, soit à en donner la mesure, notamment, l'espace, l'étendue, la quantité. Elle exagère sans doute le rôle de ces dernières propriétés en en faisant des constitutifs du pouvoir dynamique ; par contre, elle confirme l'une des doctrines les plus essentielles du thomisme : savoir, que malgré la diversité et l'opposition parfois apparente de ses propriétés, chaque être matériel forme un tout naturellement destiné à l'action.

En somme, nous retrouvons sous le concept d'énergie tout le contenu de notre vieux concept de matière [1]). Pour

[1]) Pour M. Étard, les concepts de matière et d'énergie sont indissoluble-

nous, en effet, redisons-le, la matière est un tout complexe, riche en éléments qualitatifs et quantitatifs, en principes d'action et en éléments dépourvus par eux-mêmes de tout pouvoir dynamique ; en éléments passifs et actifs, intimement liés entre eux et appelés pour ce motif à intervenir à des titres divers dans toute activité corporelle.

Le dualisme entre l'énergie et la matière, que le savant allemand combat avec une extrême violence, est donc un dualisme absolument étranger à la théorie scolastique. Les concepts d'énergie et de matière sont même si peu opposés, qu'ils peuvent se substituer l'un à l'autre, pourvu qu'on donne à l'énergie sa vraie signification ; quant aux deux facteurs énergétiques, on les retrouve aussi bien dans le fond substantiel que dans l'ensemble des propriétés.

M. Ostwald, il est vrai, dépeint la matière sous des traits qui semblent exprimer un véritable dualisme : « A l'exemple d'Aristote, dit-il, on se représente d'habitude la matière comme une chose indifférente, dépourvue par elle-même de propriétés et sur laquelle les propriétés en question sont fixées de quelque manière spéciale. Une pareille conception était peut-être nécessaire tant qu'on regardait les propriétés comme quelque chose de fortuit ou d'arbitraire qui aurait aussi bien pu être tout différent » [1]).

Quoi qu'en pense le savant allemand, cette conception n'est ni d'Aristote, ni des scolastiques ; elle caractérise le mécanisme cartésien.

L'homogénéité de la matière, son essentielle passivité, son indifférence absolue à l'égard de ses propriétés réduites au mouvement local, tel fut toujours le dogme fondamental de ce système.

Au contraire, la clef de voûte de la théorie aristotélicienne

ment liés par nous, au point que la suppression de l'un entraîne la disparition de l'autre. — Cfr. Étard, *Les nouvelles théories chimiques*, p. 12. Paris.

[1]) Ostwald, *L'énergie*, p. 170. Paris, Alcan, 1910.

est l'hypothèse des natures spécifiques suivant laquelle la substance est le principe et la source de toutes ses propriétés [1]).

L'opposition peut-elle être plus radicale ?

217. Troisième erreur provenant d'une fausse conception de l'énergétique : conception moniste de l'univers. — Abordons enfin une dernière conséquence que certains auteurs ont tirée de l'énergétique, savoir, la conception moniste de l'univers.

Le concept d'énergie s'étend à tous les phénomènes de ce monde. Les formes de l'énergie sont nombreuses et se distinguent nettement les unes des autres. Qui nous dit cependant qu'une seule et même réalité fondamentale ne puisse revêtir des aspects divers ? L'univers entier ne serait-il pas une énergie répandue dans l'espace et le temps, ou plutôt comprenant dans son unité synthétique l'espace et le temps ? Les formes variées que nos sens nous représentent ne sont-elles pas les phases successives de la transformation continue que subit l'énergie, sans cesser d'être elle-même, sans perdre son essentielle unité ?

Telle est l'opinion moniste professée par M. Ostwald : « La substance, dit-il, ou la chose qui existe, c'est l'énergie. L'accident ou la chose qui est différenciée, c'est encore l'énergie... L'énergie comprend donc tout le réel » [2]).

218. Fait dont se réclame ce monisme. — Le savant allemand n'en invoque qu'un seul : la transformation des énergies les unes dans les autres, transformation réglée elle-même par la loi de la conservation de l'énergie.

« La possibilité, dit-il, d'une pareille « description » de la nature ne put être imaginée que lorsqu'eut été découverte la

[1]) Nous exposerons cette théorie dans le second volume.

[2]) Ostwald, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, pp. 146, 147, 377. Leipzig, Veit und Comp., 1902.

propriété générale que possèdent les différentes formes d'énergie, de pouvoir se transformer les unes en les autres » [1]). A cette condition seulement peut se concevoir la persistance d'une même réalité fondamentale à travers ses multiples métamorphoses.

Cet essai de preuve soulève deux questions :

Cette transformation est-elle, comme l'insinue M. Ostwald, un fait scientifique ?

Dans l'affirmative, implique-t-elle la conséquence qu'on en tire ?

219. Les physiciens considèrent-ils la transformation réciproque des énergies comme un fait indiscutable? — D'abord, nul homme de science n'oserait, croyons-nous, élever à la hauteur d'un dogme ou d'une vérité scientifique la transformation réciproque des forces ou énergies.

Bon nombre de physiciens, notamment Hirn [2]), M. Duhem [3]), M. Lebon [4]), L. Poincaré [5]), M. Picard [6]), M. Mach [7]) lui-même et M. Boutroux [8]) considèrent comme très discutable ou même gratuite l'hypothèse de la transformation mutuelle des énergies.

L'accord entre les physiciens est donc loin d'être établi. La cause de ces hésitations se laisse facilement deviner : il ne s'agit plus d'un simple fait, mais de l'interprétation d'un fait.

1) Ostwald, *L'énergie*, p. 119. Paris, Alcan, 1910.

2) Hirn, *Analyse élémentaire de l'univers*, pp. 326 et suiv. Paris, Gauthier, 1868.

3) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, pp. 344 et suiv. Paris, Joannin, 1903. — *La théorie physique, son objet et sa structure*, pp. 56, 57 et passim. Paris, Chevalier et Rivière, 1906.

4) Lebon, *L'évolution des forces*, p. 65. Paris, Flammarion, 1908.

5) L. Poincaré, *La physique moderne*, p. 66. Paris, Flammarion, 1909.

6) Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 130. Paris, Flammarion, 1910.

7) Mach, *La mécanique*, p. 470. Paris, Hermann, 1904.

8) Boutroux, *La contingence des lois de la nature*, p. 67. Paris, Alcan, 1895.

En réalité, les phénomènes se succèdent les uns aux autres de manière que l'un compense toujours exactement l'effacement de l'autre ; mais l'expérience ne nous dit point quelle relation il faut établir entre les deux : l'un se substitue-t-il à l'autre ? L'un se transforme-t-il en l'autre ? Ou enfin, l'un produit-il l'autre à ses dépens ? Du point de vue purement scientifique, ces trois hypothèses sont admissibles : elles expliquent d'une manière suffisante la loi d'équivalence qui régit la succession des formes d'énergie.

Il est donc arbitraire de choisir avec M. Ostwald, et cela en vue de justifier le monisme, l'hypothèse des transformations mutuelles.

220. **La transformation réciproque des énergies est une hypothèse inintelligible.** — Bien plus, à l'examiner dans ses détails, cette hypothèse nous paraît même inintelligible.

Prenons un exemple. L'énergie gravifique, dit-on, peut se transformer en chaleur. Ainsi que le prouvent les célèbres expériences de Joule, la chute d'un poids de 425 kilogr., placé à la hauteur d'un mètre, peut élever d'un degré la température d'un kilogramme d'eau. Or, quels sont, dans cette énergie gravifique, les éléments susceptibles de se transformer en énergie calorifique ?

Est-ce le poids du corps suspendu dont la chute produira la chaleur ? Nullement. Le corps conserve son poids, aussi bien au contact du sol que dans la position immobile où il était retenu.

Est-ce la distance qu'il va parcourir en tombant ? La distance n'est qu'une simple relation entre deux situations spatiales. Que l'on suppose entre ces deux termes le vide absolu ou un milieu matériel, la distance reste identique à elle-même. Quelle est donc dans cette relation de distance la réalité transformable ? On n'en voit aucune.

Est-ce peut-être la vitesse avec laquelle le corps franchira

cette distance ? Pas davantage. La vitesse est une relation entre l'espace parcouru et le temps consacré à le parcourir. C'est un mode de succession de positions spatiales. On se demande donc avec raison, quel est, de ces deux termes de la relation, espace et temps, celui qui peut se transformer en chaleur ?

Est-ce enfin le mouvement local dont le corps est animé au terme de sa chute ? Quelle que soit la réalité du mouvement, il est clair qu'il aura complètement disparu au moment où le corps reposera sur le sol. D'autre part, avant cet instant, le corps n'a rien pu transmettre de son mouvement passé, pour le motif que toutes les positions antérieures, constitutives de ce mouvement, avaient été successivement abandonnées sans retour.

Analysez tous les facteurs de l'énergie gravifique, poids, mouvement, espace, vitesse, vous n'en trouverez aucun qui puisse, moyennant certaines métamorphoses, constituer l'énergie calorifique.

Et cependant, s'il s'est produit une transformation et non une création, il faut bien que, sous les modalités propres à la chaleur, se retrouvent intégralement conservés certains éléments d'énergie ayant appartenu à l'énergie de gravitation.

A notre avis, la transformation de pareils éléments est une chimère. La vérité est que, d'une part, on mesure l'intensité et la qualité de la pesanteur au moyen de facteurs qui sont distincts d'elle ou qui peut-être la conditionnent, tels l'espace, la vitesse, le temps, et que, d'autre part, la pesanteur provoque par son action l'éveil d'une autre force équivalente, par exemple, la chaleur dont on exprime aussi l'intensité et la qualité par des étalons étrangers à cette force, à savoir, un poids d'eau et une hauteur thermométrique. Mais toute action étant toujours suivie d'une réaction égale et contraire, la cause excitatrice s'efface et disparaît dans la mesure où l'autre se développe.

221. **L'hypothèse des transformations énergétiques, fût-elle même fondée, n'emporterait pas encore avec elle la preuve du monisme.** — La chimie nous donne à ce sujet de précieux renseignements. L'hydrogène et l'oxygène constituent des espèces chimiques nettement différenciées. Par leur combinaison, ils se transforment en une espèce nouvelle qui est l'eau. A son tour, sous l'influence de la chaleur ou du courant électrique, l'eau se transforme en ses éléments générateurs, l'hydrogène et l'oxygène. Dans ces deux cas, il se produit une véritable transformation d'espèces chimiques.

Or, supposez que les deux corps simples, l'hydrogène et l'oxygène, soient deux êtres de nature distincte, *deux substances* indépendantes ; supposez encore que l'eau, en laquelle ils viennent se fondre, soit un *troisième être* essentiellement différent des corps dont il résulte. Pareilles suppositions ne seront-elles pas conciliables en tous points avec l'hypothèse des transformations mutuelles ? Assurément. Notre intelligence n'éprouve aucune difficulté à concevoir cette fusion, au terme d'un travail de nivellement, de deux corps hétérogènes en un corps nouveau qui soit leur substitut. Au contraire, la transformation revêt un sens bien plus profond et plus vrai, lorsqu'elle se réalise aux dépens de diverses substances.

Si donc la substitution d'une pluralité d'êtres à la substance unique des énergétistes, se concilie sans peine avec la loi des vicissitudes de la matière, la théorie moniste ne peut être qu'une théorie gratuite et arbitraire.

D'ailleurs, les faits d'expérience interne et externe condamnent la réduction de tous les êtres à la substance unique et universelle de l'énergétisme.

Parmi les faits qui s'imposent à notre conscience, il n'en est point de plus impérieux que le sentiment de notre individualité, de notre personnalité. Toutes nos actions, qu'elles se déroulent dans la partie matérielle de notre être, ou qu'elles se manifestent dans la sphère plus élevée de l'intelligence et

de la volonté, sont rapportées, et cela en vertu d'une loi à laquelle il nous est impossible de nous soustraire, à ce moi individuel et personnel qui est le nôtre. Non seulement notre conscience distingue notre être de tous les autres ; elle l'oppose à tous ses congénères comme un bien privé, intangible, inaliénable.

Si, d'autre part, nous jetons les regards sur le monde qui nous entoure, nous découvrons aussi, sous le terme collectif de nature, une multitude de centres d'activité indépendants, doués chacun de tous les caractères d'une substance individuelle. Chaque corps, en effet, possède ses tendances particulières, ses modes d'action. Tandis que les uns subissent des métamorphoses profondes, les autres restent figés dans une immobilité complète et témoignent d'une indifférence absolue à l'égard des mouvements de leur voisinage. Tels semblent concerter leurs activités dans la poursuite d'un même but, tels autres se livrent à une lutte incessante dont l'aboutissement final est la réalisation d'êtres nouveaux aux dépens d'êtres disparus.

Bref, sur le vaste champ de la nature, les rapports mutuels des agents physiques, comme aussi l'ensemble de leurs traits respectifs demeurent inexplicables, si chacun de ces agents ne jouit pas d'une vraie individualité substantielle.

222. **Origine de ce monisme.** — Quelle peut donc être l'origine de pareil monisme, si manifestement opposé aux données de l'expérience [1]) ?

Il provient, croyons-nous, d'une confusion entre l'ordre idéal et l'ordre réel. Pour avoir groupé sous un même terme « énergie » toutes les réalités de l'univers, on s'est imaginé que l'unification ou la réduction à l'unité, faite dans le con-

[1]) « Attribuer à l'énergie, dit M. Bouty, une essence propre, en faire une sorte d'être réel, c'est outrepasser l'expérience. Aucune considération philosophique ne peut élargir une notion expérimentale au delà de sa définition, » *La vérité scientifique,* p. 272. Paris, Flammarion, 1908.

cept, s'était du même coup réalisée dans le monde externe. En d'autres termes, on a cru que toute représentation intellectuelle doit être le décalque fidèle du réel expérimental et que toutes les propriétés de l'une se trouvent intégralement dans l'autre. Telle est l'erreur primordiale du monisme énergétique [1]).

La vérité est tout autre. Bien qu'objectif, le concept a pour caractère propre et essentiel de représenter les choses réelles d'une manière abstraite, c'est-à-dire sans ces multiples notes individuelles qui particularisent les êtres, les distinguent les uns des autres et ainsi les multiplient et même parfois les spécifient.

223. Relations entre l'énergétisme et le dynamisme ordinaire. — Nous avons examiné les différents aspects cosmologiques de l'énergétisme. Peut-être ne sera-t-il pas sans intérêt de nous demander quelles relations il y a lieu d'établir entre ce dynamisme nouveau et la conception de la nature érigée autrefois en système dynamique par Leibniz, Boscowich, Kant, Hirn, Palmieri, Carbonnelle, etc.

Si on néglige les divergences d'ordre secondaire, le dynamisme philosophique dont nous venons de nommer les représentants les plus autorisés, se résume en quelques propositions :

1° Toutes les réalités cosmiques sont essentiellement destinées à l'action ; elles constituent des pouvoirs dynamiques, c'est-à-dire des forces.

2° Ces forces sont simples, inétendues, mais par leur action simultanée sur nos organes sensoriels, elles produisent en nous l'illusion de l'étendue.

[1]) F. Klimke, *Der Monismus und seine philosophischen Grundlagen*, S. 107. Herder, Freiburg im Breisgau, 1911. « Die Einheitlichkeit, dit-il, ist nur im Gebrauche des Wortes « Energie » ; im Grunde gibt es so viele Energienformen, als wir Erscheinungen in der Natur beobachten. »

3° Une conséquence nécessaire du système est l'action à distance. Il est clair que des éléments simples, non composés de parties, ne peuvent se toucher sans se confondre en un point mathématique. Sous peine de supprimer l'étendue même phénoménale, il faut donc les supposer à distance les uns des autres, hypothèse qui rend impossible l'action au contact.

Il y a cependant des dynamistes qui se refusent à admettre ce mode d'activité, préférant sacrifier la logique aux enseignements de l'expérience.

Or, de ces trois principes, le premier, seul, caractérise l'énergétique.

Sans doute, les énergétistes s'abstiennent de porter un jugement sur la nature même de l'énergie, et se bornent à en décrire quelques propriétés en apparence expérimentales, notamment son caractère positif, sa transformabilité, sa conservation en dépit des changements dont elle est le sujet. Il reste indéniable qu'ils attribuent à tous les modes d'énergie un pouvoir dynamique sinon actuel, au moins conditionnel, dont font partie les éléments les plus disparates, tels la pesanteur, l'espace, le volume, l'étendue, la chaleur, etc.

De ce point de vue, l'accord avec l'ancien dynamisme est donc complet : pour les deux systèmes, l'univers est un foyer de principes d'activité.

Quant aux autres idées principielles, il existe entre les deux théories des différences profondes.

Selon le dynamisme ancien, toutes les forces ou pouvoirs dynamiques sont simples, inétendus. Pareille affirmation ne se rencontre, ni en fait ni en droit, dans l'énergétique.

D'abord nul, à notre connaissance, n'a tenté de déterminer la manière d'être des facteurs intensifs ou quantitatifs de l'énergie. Ces facteurs sont-ils simples, sont-ils disséminés dans l'espace ? Cette question, la théorie nouvelle s'interdit de la soulever, à plus forte raison, de la résoudre.

Dira-t-on qu'à défaut de toute affirmation explicite, l'idée même de force ou de pouvoir dynamique emporte avec elle l'idée de simplicité et partant nous indique quelle doit être l'attitude des énergétistes à l'égard de l'étendue ?

Tel n'est pas notre avis. Le concept de « force » nous représente uniquement une énergie capable de produire certains effets ; mais, comme tel, il ne nous révèle pas le mode d'être naturel suivant lequel ce pouvoir d'action se trouve réalisé. Que la force existe sous forme d'un point mathématique, qu'elle occupe une portion déterminée de l'espace, son concept n'en est pas moins étranger à toutes ces relations spatiales. De là son aptitude à désigner des énergies réellement étendues, telles les forces physiques, soit à exprimer des forces d'une nature éminemment simple, entre autres, l'intelligence et la volonté.

Le second principe du dynamisme ancien n'est donc pas une conséquence nécessaire du premier. Aussi, sans renoncer à l'idée maîtresse de leur théorie, les énergétistes peuvent, d'après leur préférence personnelle, douer d'étendue leurs éléments dynamiques, ou en affirmer la simplicité.

Quelle est enfin leur attitude à l'égard de l'action à distance, troisième principe du dynamisme ?

A raison de leur méthode, les énergétistes n'ont pas à se soucier du mode d'activité des diverses énergies.

De même qu'il leur est permis, en restant fidèles à la doctrine fondamentale de leur théorie, d'attribuer l'étendue aux facteurs d'énergie, ainsi il n'y a pour eux aucun illogisme à se déclarer les adversaires convaincus de l'action à distance. Les dynamistes, nous l'avons dit, n'ont point cette liberté. Une fois posé le principe de l'inétendue des forces, la logique même des choses les force à se prononcer pour l'impossibilité de l'action au contact.

En résumé, on ne découvre entre l'énergétique et le dyna-

misme qu'une seule idée commune : la conception dynamique de l'univers, conception d'après laquelle toutes les réalités corporelles sont des éléments intégrants ou constitutifs de l'énergie ou d'un pouvoir d'action. Les questions relatives à l'étendue et au mode d'activité des agents matériels, étrangères d'ailleurs aux préoccupations des énergétistes, peuvent même recevoir une solution opposée à celle des dynamistes.

224. **Jugement général sur l'énergétique.** — Au terme de cette étude critique, fixons rapidement les conclusions générales qui s'en dégagent.

Du point de vue cosmologique, la théorie nouvelle consacre plusieurs doctrines importantes qui avaient été méconnues ou même combattues, jusqu'en ces derniers temps, par la plupart des hommes de science.

A citer d'abord la restauration de la qualité : celle-ci reprend sa place à côté de la quantité et devient même le principal objet de la physique.

Ensuite, la physique voit se resserrer les frontières de son domaine ; laissant à d'autres disciplines l'étude de la substance, elle ne comprend plus que l'objectivité phénoménale. De la sorte, une ligne de démarcation très nette se trouve tracée entre la cosmologie et les sciences naturelles.

Il est cependant regrettable, qu'après avoir si bien délimité sa sphère d'action, l'énergétique n'ait pas embrassé, sous tous ses aspects, son objet naturel. Elle se propose de nous donner une classification commode et même objective des phénomènes ; par contre, elle s'interdit toute recherche sur leur nature. Qui ne voit combien ce second point de vue est complémentaire du premier ?

Si l'énergétique présente de sérieux avantages, elle a aussi ses inconvénients et ses défauts.

Le plus grave est de nous représenter l'univers sous la forme d'un dynamisme absolu, qu'il eût été cependant si facile d'éviter, sans sacrifier en rien la méthode, les tendances et les

résultats scientifiques de la théorie nouvelle. Au lieu d'attribuer à toutes les réalités cosmiques l'unique rôle de constituer l'énergie, il eût suffi, pour mettre le système à l'abri de toute critique, de diversifier les rôles d'après la nature des phénomènes ou des propriétés corporelles. En effet, tandis que certaines propriétés se révèlent comme de vrais éléments énergétiques, d'autres en sont des mesures naturelles, d'autres encore conditionnent et règlent leur activité. Grâce à ce correctif, les formules de l'énergie peuvent rester inchangées, mais avec le nouvel avantage de s'adapter à la réalité.

Enfin, chez plusieurs de ses partisans, l'énergétique s'est transformée lentement en phénoménalisme et en monisme. Ces conceptions philosophiques ont le triple défaut, d'abord, d'être en contradiction avec la méthode caractéristique du système qui exclut toute hypothèse ; en second lieu, de se surajouter aux idées principielles de l'énergétique comme des éléments étrangers et complètement inutiles ; enfin, de ne pouvoir se réclamer ni des sciences, ni de la philosophie.

Il est donc vivement souhaitable que la théorie nouvelle se débarrasse au plus tôt de ces surcharges compromettantes et revienne à une conception de l'énergie plus conforme aux données expérimentales, partant plus féconde.

CONCLUSION GÉNÉRALE DE CE TRAITÉ

Quelles sont les principales conclusions qui se dégagent de ce travail ?

L'étude scientifique et métaphysique du mécanisme semble mettre hors de doute, que l'hypothèse d'une matière homogène, animée de mouvement local et régie par les lois de la mécanique, est insuffisante à rendre compte des faits d'ordre chimique, physique et cristallographique.

L'ordre admirable qui régit cet ensemble de faits, ordre réalisé par un nombre incalculable d'agents les plus divers, dont chacun cependant se représente toujours, après les métamorphoses les plus étonnantes, avec sa physionomie propre et la totalité de ses caractères distinctifs, cet ordre si complexe, et à la fois si stable et si harmonieux, ne se comprend plus, s'il n'y a pas dans l'univers de véritables natures, c'est-à-dire des principes essentiels d'orientation, de spécification et de constance.

Admettre l'*homogénéité foncière de la matière,* c'est s'interdire à tout jamais l'explication de cette diversité d'agents chimiques si remarquables par la spécificité constante de leurs poids, de leurs affinités électives, de leur atomicité, de leur signalement physique et cristallographique ; c'est prétendre trouver dans l'homogène la raison de l'hétérogène.

Veut-on faire appel au *mouvement d'emprunt* dont le mécanisme a doté la matière ?

La difficulté reste entière. Quoi de plus mobile et de plus changeant que le mouvement ? Et puis, eût-on réduit toutes les propriétés au mouvement local, n'est-ce pas tout juste ce

faisceau de mouvements divers que nous nommons les qualités d'un corps, qu'il s'agit d'expliquer? Pourquoi tel faisceau est-il toujours lié à telle quantité de matière ? Pourquoi se distingue-t-il toujours de tel autre par sa qualité, par son intensité, par son mode d'agir ? Pourquoi ce retour invariable des mêmes espèces ? Comment se fait-il qu'à travers les transformations incessantes de la matière, les corps simples et composés ne disparaissent momentanément au sein de la mêlée, que pour reproduire toujours fidèlement les types disparus ?

Ces problèmes se posent au sujet du mouvement comme il se posait au sujet des qualités, avec cette différence que l'instabilité essentielle du mouvement rend plus inintelligible encore la stabilité, la perpétuité du fait signalé.

Force nous est donc de substituer au dogme mécaniste de l'homogénéité essentielle de la matière, l'hypothèse, d'ailleurs vraiment scientifique, de l'*hétérogénéité substantielle ;* de supposer dans le monde l'existence d'agents spécifiquement distincts les uns des autres, doués chacun d'une orientation foncière qui fixe d'avance la marche de leurs activités, les caractères de leurs unions chimiques, les conditions et les limites de leurs métamorphoses.

L'étude métaphysique du mécanisme nous a conduit à une autre conclusion non moins importante, savoir : la nécessité de dépouiller le mouvement local de cet ensemble de prérogatives que le mécanisme lui avait trop libéralement octroyées.

Comme le disait avec raison le physicien Hirn, « le mouvement ne saurait engendrer le mouvement ». Il relève de causes essentiellement distinctes de lui, de forces proprement dites, de *qualités* qui sont, de leur nature, stables et permanentes.

Bien plus, la réduction de ces virtualités aux *forces mécaniques*, préconisée par les partisans du mécanisme dynamique, nous a paru une mutilation des faits. La réalité que le témoignage de la conscience nous révèle et que l'énergétique elle-même admet en principe, cette réalité, disons-nous, est beau-

coup plus complexe. A côté des forces mécaniques, il en est d'autres, dénommées à juste titre forces *physico-chimiques*. *Qualitativement distinctes* des premières comme elles sont distinctes entre elles, elles ont toutes des activités spécifiques et ne produisent le mouvement local qu'à titre d'effet secondaire ou concomitant.

Ce décor accidentel qualitatif, nous l'avons toujours trouvé indissolublement uni à un substrat substantiel, dont il partage fidèlement toutes les destinées. Or, pareille connexion ne semble-t-elle pas indiquer, que ce faisceau d'énergies secondaires n'est lui-même qu'une *résultante* ou plutôt une sorte de canalisation d'une source unique, qui est la substance ?

Enfin, l'examen du dynamisme et de l'énergétique nous a donné l'occasion, non seulement de confirmer les conclusions précédentes, mais de légitimer notre croyance à *l'étendue réelle* de la matière.

En signalant les déviations de l'énergétisme scientifique, nous avons aussi rencontré le phénoménisme et le monisme dynamique, deux systèmes dont l'un regarde la substance comme une entité chimérique, dont l'autre ne l'admet qu'à la condition de la réduire à une unité absolue.

Ni l'une ni l'autre de ces hypothèses n'a pu se concilier avec les faits scientifiques et les principes les plus évidents de la métaphysique.

La diversité *numérique* et *substantielle* des êtres de la nature fut ainsi une nouvelle conclusion, et non des moins importantes, qui se dégage de cet examen.

D'autre part, bien que ces cinq grands systèmes cosmologiques, le mécanisme traditionnel, le néo-mécanisme et le mécanisme dynamique, le dynamisme et l'énergétisme, ne puissent nous fournir les causes explicatives de l'univers, ils contiennent cependant une âme de vérité

Le *mécanisme cartésien* et le *néo-mécanisme* ont mis en lumière une vérité incontestable : le rôle considérable du mouvement local.

En fait, là où il n'est pas l'effet primordial des activités naturelles, il en est toujours un effet concomitant et souverainement utile. Grâce au mouvement local, les corps changent constamment leurs relations spatiales, les activités se transmettent, et ainsi se réalise et se renouvelle cet ensemble de scènes variées dont l'enchaînement constitue le cours de l'univers.

Le tort de ces systèmes fut d'exagérer ce rôle, d'éliminer les facteurs dont le mouvement lui-même relève, de confondre, en un mot, le mouvement et ses causes.

Le *mécanisme dynamique* eut aussi le grand avantage de réintroduire dans l'explication de la nature, le véritable élément causal qui en avait été banni par le mécanisme traditionnel, savoir, la force ou l'élément qualitatif.

Avec le *dynamisme* et l'*énergétisme,* l'univers nous apparaît comme un foyer d'activité et de vie. Les moindres réalités de la nature corporelle sont appelées à prendre part à l'action commune ; tout est fait pour agir. L'expérience journalière, les perpétuelles transformations dont le monde et nous-mêmes sommes le théâtre, le sentiment de l'effort qui accompagne chacune de nos activités personnelles ne sont-ils pas autant de faits qui proclament le bien fondé d'une conception dynamique du cosmos ?

Mais ici encore, l'erreur côtoyait la vérité et le dynamisme ne sut éviter l'exagération qui devait l'y conduire. Il est manifeste, que si la nature est pleine d'activité, elle l'est aussi de passivité, les deux termes étant même nécessairement corrélatifs. De même, si toute réalité matérielle peut faire partie d'un pouvoir dynamique, soit comme facteur de quantité, soit comme facteur d'intensité, toute réalité doit aussi y prendre place avec son caractère inaliénable, l'étendue.

En résumé, la discussion de ces nombreux systèmes semble nous conduire à cette conception générale : il y a des natures dans l'univers, c'est-à-dire des êtres substantiellement et spécifiquement distincts les uns des autres, naturellement étendus,

doués d'une inclination foncière vers des fins qu'ils réalisent par des puissances passives et actives.

C'est ce système, appelé *théorie aristotélicienne* ou *scolastique,* que nous nous proposons d'exposer et de justifier dans la seconde partie de notre travail.

BIBLIOGRAPHIE

Abbeg und Bodlander *(Zeitschrift für anorganische Chemie)*, B. XX, 1899.

Aristote. De generatione et corruptione (Edit. Didot).

— Libri Physicorum seu naturalis Auscultationis (Edit. Didot).

Arrhénius. Conférences sur quelques thèmes choisis de chimie physique. Paris, Hermann, 1912.

— L'évolution des mondes. Paris, Béranger, 1910.

Auerbach. Die Weltherrin und ihr Schatten, ein Vortrag über Energie und Entropie. Jena, Fischer, 1902.

Balfour-Stewart. La conservation de l'énergie. Paris, Germer Baillière, 1879.

Balmès. Philosophie fondamentale. Liége, Lardinois, 1853.

Bauer. Les quantités élémentaires d'énergie *(Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913).

Bergson. L'évolution créatrice. Paris, Alcan, 1908.

Bernard (Claude). Leçons de physique générale. Paris.

Berthelot. Essai de mécanique chimique. Paris, Dunod, 1879.

— La synthèse chimique. Paris.

Berthollet. Essai d'une statique chimique. Paris.

Beyssens. Naturphilosophie of Cosmologie. Amsterdam, Van Langenhuysen, 1910.

Bloch. La théorie électronique des métaux *(Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913).

Boltzmann. Leçons sur la théorie des gaz, 1 vol. Paris, 1902.

Borel. Le hasard. Paris, Alcan, 1914.

Boscovich. Philosophiæ naturalis. P. I. Viennæ. 1759.

Bouasse. Théories de la mécanique.

Boucher. Essai sur l'hyperespace. Paris, Alcan, 1905.

BOUTROUX. De l'idée de la loi naturelle. Paris, Société française d'imprimerie, 1913.

— De la contingence des lois de la nature. Paris, Alcan, 1895.

BOUTY. La vérité scientifique. Paris, Flammarion, 1913.

BRAUN. Kosmogonie, Münster, Aschendorff, 1895.

BRAUNS. Mineralogie. Leipzig, 1897.

BRUNHES. La dégradation de l'énergie. Paris, Flammarion, 1908.

BRUNI. Feste Lösungen und Isomorphismus. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1908.

BRUSSET. La nature des rayons X et la structure réticulaire des corps cristallisés *(Revue générale des Sciences,* 15 février 1913).

BRUYLANTS. La valence chimique *(Revue des Questions scientifiques,* janvier, avril, juillet, octobre, 1912).

BÜCHNER. Force et matière. Paris, Reinwald, 1884.

CARBONNELLE. Les confins de la science et de la philosophie, t. I. Paris, Palmé.

CARNOT (Sadi). Réflexions sur la puissance motrice du feu. 1824.

CARTESIUS. Principia philosophica, Amsterlodami. P. II. T. Blaviana, 1682.

CASSIRER. Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neuern Zeit, vol. II. Berlin.

CHAROUSSET. Le problème métaphysique du mixte *(Revue de philosophie,* 1903).

CHWOLSON. Traité de physique, t. I. Paris, Hermann.

CLAUSIUS. Théorie mécanique de la chaleur, t. II. Paris, Hetzel.

— Le second principe fondamental de la théorie mécanique de la chaleur *(Revue des Cours scientifiques,* 1868).

CURIE (Mme). Sur les rayonnements des corps radioactifs *(Les idées modernes,* Paris, Gauthier-Villars, 1913).

— Les radio-éléments et leur classification *(Revue du Mois,* 10 juillet 1914).

DAGUIN. Traité de physique, vol. I et III.

DAURIAC. Des notions de matière et de force dans les Sciences de la nature. Paris, Alcan.

DAVY. Œuvres, vol. II.

DE BACKER. Cosmologie. Paris, Briguet, 1899.

DEBIERNE. Sur les transformations radioactives *(Les idées modernes,* Paris, Gauthier-Villars, 1913).

DE BROGLIE. Atomisme et Dynamisme *(Annales de philosophie chrétienne,* mai et juillet 1885).

De Heen. Introduction à l'étude de la physique. La théorie des électrons. *Mémoires*, 15 janvier 1913 (Académie des Sciences, t. IV, 2e série, 2e fascicule).
De Lapparent. La philosophie minérale. Paris, Bloud, 1910.
— Cours de Minéralogie. Paris, Savy, 1884.
— Atomes et molécules *(Revue des Questions scientifiques*, avril 1902).
De la Vaissière. Philosophia naturalis. Paris, Beauchesne, 1912.
Delbet. La science et la réalité. Paris, Flammarion, 1913.
De San. Cosmologia, Lovanii, Fonteyn, 1881.
De Thierry. Introduction à l'étude de la chimie. Paris, Masson, 1906.
De Wulf. Histoire de la philosophie médiévale. Paris, Alcan, 1912.
Ditte. Introduction à l'étude des métaux. Paris, Société d'études scientifiques, 1902.
Domet de Vorges. La Métaphysique en présence des Sciences.
Donat. Cosmologia. Œnipotente, Pustet, 1913.
Dressel. Lehrbuch der Physik. Freiburg, 1895.
Du Bois-Reymond. Ueber die Grenzen des Naturerkennens.
— Untersuchungen über tierische Electricität. B. I. Berlin, 1888.
— Reden. Leipzig, 1886-1887.
Duclaux. La chimie de la matière vivante. Paris, Alcan, 1910.
Duhem. Physique de croyant *(Annales de philosophie chrétienne*, novembre 1905).
— La théorie physique, son objet, sa structure. Paris, Chevalier, 1906.
— Les théories électriques de Maxwell *(Revue des Questions scientifiques*, 20 janvier 1901).
— Physique et métaphysique *(Revue des Questions scientifiques*, juillet 1893).
— L'évolution de la mécanique. Paris, Joannin, 1903.
— La notion du mixte *(Revue de philosophie*, juin 1909).
— Le mixte et la combinaison chimique. Paris, Naud, 1902.
— Thermodynamique et chimie. Paris, Hermann, 1902.
— Le mouvement absolu et le mouvement relatif. Montligeon (Orne), 1909.
— Sur quelques extensions récentes de la statique et de la dynamique *(Revue des Questions scientifiques*, t. 50, avril 1901).
— Le système du monde, 2 vol. Paris, Hermann, 1914.

Du Ligondès. Formation mécanique du système du monde. Paris, Gauthier-Villars, 1897.

— Sur la formation du système solaire *(Revue générale des Sciences*, 30 mars 1912).

Dunan. La perception des corps *(Revue philosophique*, t. 53, 1902).

Etard. Les nouvelles théories chimiques. Paris.

Faraday. Recherches expérimentales, t. III.

Farges. L'idée du continu dans l'espace et le temps. Paris, Roger.

Faye. Sur l'origine des mondes. Paris, Gauthier-Villars, 1896.

Freycinet. Essai sur la philosophie des Sciences. Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Ganot. Traité élémentaire de physique.

Gaubert. Les cristaux liquides *(Revue scientifique*, 9 janvier, 1909).

Gauthier. *(Revue scientifique*, 13 janvier 1904).

Gautier. Cours de chimie, 3 vol. Paris, Savy, 1887.

Gerard E. Leçons sur l'électricité, t. I. Paris, Gauthier-Villars, 1895.

Gouy. Le mouvement brownien et les mouvements moléculaires *(Revue générale des Sciences*, 1 janvier 1895).

Gredt. Logica et philosophia naturalis. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1909.

Green. La radiation naturelle d'un gaz *(Revue générale des Sciences*, 15 avril 1914).

Haeckel. Les énigmes de l'univers. Paris, 1902.

Hallez. L'analyse métaphysique du mouvement *(Revue néo-scolastique*, avril 1895).

Hannequin. Essai critique sur l'hypothèse des atomes. Paris, Alcan, 1899.

Hantzsch. Ber. der deutschen Chemie-Gesellschaft. B. II, 1908.

Hartmann. *(Philosophisches Jahrbuch*, 3. H. 1904).

Hartog. Les récentes théories biologiques sur la mémoire *(Scientia*, vol. XV, n. 33-1, 1914).

Helmholtz. Mémoire sur la conservation de la force. Paris, Masson, 1869.

— Popularwissenschaftliche Vorträge, vol. I.

Henriquès. Les concepts fondamentaux de la science. Paris, Flammarion, 1913.

Henry. Précis de chimie. Louvain.

— Stas et les lois des poids. Bruxelles, Hayez, 1899.

Hertz. Gesammelte Werke, vol. I. Leipzig. 1895.

Herz. Les bases physico-chimiques de la chimie analytique. Paris. Gauthier-Villars, 1909.

Heinrichsen. Ueber den gegenwärtigen Stand der Valenzlehre *(Sammlung chemischer und chemischentechnischer Vorträge*, 1902).

Hirn. Analyse élémentaire de l'univers. Paris, Gauthier-Villars, 1868.

— Notion de la force dans la science moderne.

Höffding. Philosophes contemporains. Paris, Alcan, 1908.

Houllevigue. La matière, sa vie et ses transformations. Paris, Colin, 1913.

— Revue annuelle d'optique *(Revue générale des Sciences*, 30 août 1914).

Huit. La philssophie de la nature chez les anciens. Paris, Fontemoing, 1901.

Hutchinson. Chimie minéralogique *(Les progrès de la chimie en 1912*. Paris, Hermann, 1913).

Jahr. Urkraft oder Gravitation. Berlin, Enslin, 1899.

Jamin. Cours de physique, t. I et III.

Jarkowski. Hypothèse cinétique et la gravitation universelle. Moscou, 1888.

Jouffret. Introduction à la théorie de l'énergie. Paris, Gauthier-Villars, 1883.

Kant. Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, Kritik der Urtheilskraft.

Kauffmann. Die Valenzlehre. Stuttgart, 1911.

Kirchhoff. Ueber das Ziel der Naturwissenschaften (trad. française).

Klimke. Der Monismus und seine philosophischen Grundlage. Herder, Freiburg im Breisgau, 1911.

Lahousse. Cosmologia. Lovanii, Peeters, 1896.

Laminne. Les quatre éléments, le feu, l'air, l'eau, la terre. Bruxelles, Hayez, 1904.

Langevin. Les grains d'électricité *(Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913).

— La dynamique électromagnétique *(Les idées modernes*. Paris, Gauthier-Villars, 1913).

— L'évolution de l'espace et du temps *(Revue de métaphysique et de morale*, juillet 1911).

— La théorie du rayonnement et les quanta. Paris, Gauthier-Villars, 1912.

LEBON. L'évolution de la matière. Paris, Flammarion, 1912.
— L'évolution des forces. Paris, Flammarion, 1908.
LECHALAS. Etude sur l'espace et le temps. Paris, Alcan, 1910.
LE CHATELIER. Comptes-rendus *(Académie des Sciences,* t. 155, 8 juillet 1912).
— Principes de l'énergétique *(Journal de physique pure et appliquée,* 3e série, t. III, 1904).
LEHMEN. Lehrbuch der Philosophie, B. II. Cosmologie und Psychologie. Freiburg im Breisgau, Herder, 1911.
LEIBNIZ. Œuvres philosophiques. — Lettre écrite en 1693. — De la nature en elle-même.
— La monadologie.
LEMAIRE. Cosmologia seu philosophia mineralium. Mechliniæ, Dierickx-Beke, 1913.
LEMOINE. L'évolution de la chimie physique *(Revue des Questions scientifiques,* janvier 1913).
LESAGE. *Phil. Mag.*, septembre et novembre 1877, février et mai 1878. — The Unseen Universe.
LIPPMANN. La théorie cinétique des gaz et le principe de Carnot *(Congrès international de physique,* 2e vol.).
LOCKYER (Sir). L'évolution inorganique. Paris, Alcan, 1905.
LODGE. La vie et la matière. Paris, Alcan, 1909.
LORENTZ. Beginselen der Natuurkunde, 2 vol. Leide, Brill. 1906.
— La gravitation *(Scientia,* avril 1914, vol. XVI, n. XXXVI-4.
— Mémoires à l'Académie des sciences d'Amsterdam, avril 1900.
LOTZE. Grundzüge der Naturphilosophie. Leipzig, 1889.
MABILLEAU. Histoire de la philosophie atomistique. Paris, Alcan, 1895.
MACH. La mécanique. Paris, Hermann, 1904.
— La connaissance et l'erreur. Paris, Flammarion, 1908.
MAGY. De la science et de la nature.
MANVILLE. Les découvertes modernes en physique. Paris, Hermann, 1909.
MARIE. Revue annuelle de chimie *(Revue générale des Sciences,* 31 mai 1911).
MARTIN. Philosophie spiritualiste de la nature.
MAURAIN. Les états physiques de la matière. Paris, Alcan, 1910.
MAXWELL. La théorie de la chaleur. 1891.
— On Action at a Distance *(Scientific Papers,* vol. II. Cambridge, 1890).

Maxwell. *Nature*, mars 1875.
Meyer (Lothar). Les théories modernes de la chimie. Paris, Carré, 1889.
Meyerson. Identité et réalité. Paris, Alcan, 1912.
Michelitsch. Atomismus, Hylemorphismus und Naturwissenschaft. Graz, 1897.
Mielle. De substantiæ corporalis vi et ratione. Lingonis, Rallet, 1894.
Moreux. Le problème solaire. Paris, Bertaux, 1900.
Nernst. Traité de chimie générale, 2 vol. Paris, Hermann, 1911-1912.
Newton. Philosophiæ naturalis principia mathematica.
— Optices.
Ostwald. Grundriss der allgemeinen Chemie. Leipzig, Engelmann, 1898.
— L'évolution d'une science, la chimie. Paris, Flammarion, 1909.
— Éléments de chimie inorganique. Paris, Gauthier-Villars, 1904.
— L'énergie. Paris, Alcan, 1910.
— La déroute de l'atomisme (*Scientia*, t. I, 1907).
— Die Ueberwindung des wissenschaftlichen Materialismus. 1895.
— Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig, Veit und Comp., 1902.
Pallat. Le nouvel état de la matière (*Revue des Questions scientifiques*, avril 1905).
Palmieri. Institutiones philosophicæ. Romæ, 1875.
Parodi. Science et philosophie (*Revue du Mois*, 10 janvier 1914).
Pecheux. Détermination des poids atomiques et des poids moléculaires. Paris, Delagrave, 1913.
Pesch. Institutiones philosophiæ naturalis, vol. I. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1897.
Perrin. Traité de chimie physique. Paris, Gauthier-Villars, 1913.
— Les atomes. Paris, Alcan, 1914.
— Les preuves de la réalité moléculaire (*Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913).
Pfaundler. Lehrbuch der Physik. II. B. 1898.
Picard. La Science moderne. Paris, Flammarion, 1909.

Picard. De la Science (De la méthode dans les Sciences. Paris, Alcan, 1910).

Picart. Introduction aux principes mathématiques des lois générales du monde physique. Paris, Alcan, 1882.

Pictet. Étude critique du matérialisme et du spiritualisme. Paris, Alcan, 1896.

Plucker. *(Annales de chimie et de physique,* t. III).

Poincaré (H.). Science et méthode. Paris, Flammarion, 1909.

— La valeur de la science. Paris, Flammarion, 1908.

— La science et l'hypothèse. Paris, Flammarion, 1907.

— Sur la valeur de la science *(Revue de métaphysique et de morale,* mai 1902).

— Les hypothèses cosmogoniques. Paris, Hermann, 1911.

— Les rapports de la matière et de l'éther *(Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913).

Poincaré (L.). La physique moderne, son évolution. Paris, Flammarion, 1909.

Proumen. La matière, l'éther, l'électricité, Paris, Desforges, 1909.

Ramsay. La chimie moderne, 2 vol. Paris, Gauthier-Villars, 1909-1911.

Rankine. Outlines of the Science of Energetics *(Proceedings of the philosophical society of Glascow,* III. 1848-1855).

Rey. La théorie de la physique chez les physiciens contemporains. Paris, Alcan, 1907.

— La philosophie moderne. Paris, Flammarion, 1908.

— Les idées directrices de la physique mécaniste *(Revue philosophique,* avril 1912).

— L'énergétique et le mécanisme. Paris, Alcan, 1908.

— Les fondements objectifs de la notion d'électron *(Revue philosophique,* novembre 1913, février et avril 1914).

Reychler. Les théories phisyco-chimiques. Bruxelles, Lamertin, 1905.

Righi. La nature des rayons X *(Scientia,* vol. XV, n. 33-1, 1914).

— La théorie moderne des phénomènes physiques, radioactivité, ions, électrons. Paris, « L'éclairage électrique », 1906.

Ritter. Lehrbuch der technischen Mechanik. Leipzig, 1896.

Rivaud. Le problème du devenir et la notion de matière. Paris, Alcan, 1906.

Rutherford et Royds. Le radium. 1909.

SAIGEY. La physique moderne.
SALET. Spectroscopie astronomique. Paris, Doin, 1909.
SCHAAF. Institutiones cosmologicæ. Romæ, 1907.
SCHILLER. Études sur l'humanisme. Paris, Alcan, 1909.
SCHNEID. Naturphilosophie. Paderborn, Schöningh, 1899.
SCHUTZENBERGER. Chimie générale, t. VII. Paris, Hachette, 1894.
SECCHI. Unité des forces physiques. Paris, Savy, 1869.
SODDY. Radioactivité (*Les progrès de la chimie en 1912*. Paris, Hermann, 1913).
— Chimie des radio-éléments. 1914.
SOLET. Dynamique chimique (*Dictionnaire de Wurtz*, 2e supplément).
SPENCER. Les premiers principes. Paris, Schleicher, 1902.
— Contemporary Review, juin 1872.
SPIEGEL. (*Zeitschrift für anorganische Chemie*. T. 29).
STALLO. La matière et la physique moderne.
STAS. Recherches sur les poids atomiques (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, t. X, 1860).
TAINE. De l'intelligence. Paris, Hachette, 1878.
TAIT. Esquisse historique de la théorie dynamique de la chaleur. Paris, Gauthier-Villars, 1870.
THOMAS (S.). Summa theologica. Ia P.
THOMSEN. Thermochemische Untersuchungen. B. IV. Leipzig, 1886.
— (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, 1887).
THOMSON (Sir). L'analyse chimique par les rayons positifs (*Revue générale des Sciences*, 30 septembre 1911).
THOMSON (W.) (Lord Kelvin). Conférences scientifiques, Paris, Gauthier-Villars, 1890.
— Papers on Electrostatics. Londres, 1872.
TONGIORGI. Cosmologia.
TYNDALL. La lumière. Paris, Gauthier-Villars, 1872.
— La chaleur comme mode de mouvement. Paris, Gauthier-Villars, 1872.
UBAGHS. Du dynamisme. Louvain, 1861.
URBAIN et SÉNÉCHAL. Introduction à la chimie des complexes. Paris, Hermann, 1913.
VAN 'T HOFF. La chimie physique et ses applications. Paris, Flammarion, 1903.
VERDET. Théorie mécanique de la chaleur, t. I.
VÉRONNET. L'atome nécessaire (*Revue de philosophie*, octobre 1909).

VIGNON. La notion de force, le principe de l'énergie et la biologie générale. Paris, 1900.

WALLERANT. Cristallographie. Paris, Béranger, 1909.

WEISS. Les moments magnétiques des atomes et le magnéton (*Les idées modernes sur la constitution de la matière*, Paris, Gauthier-Villars, 1913).

— Le magnéton (*Revue générale des Sciences*, janvier 1914).

WILLEMS. Institutiones philosophicæ, vol. II. Treviris, off. ad S. Paulum, 1906.

WINDELBAND. Geschichte der neueren Philosophie. I. B. Leipzig, Breitkopf, 1899.

WOLF. Les hypothèses cosmogoniques. Paris, Gauthier-Villars, 1886.

WUNDT. Système de philosophie, 2e édit. 1897.

WURTZ. Dictionnaire de chimie, I vol., 2e supplément.

— La théorie atomique.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

La constitution physique de la matière d'après les physiciens modernes

Article premier

La réalité de l'atome chimique

Article II

La constitution de l'atome chimique

Article III

Les propriétés de la matière

INTRODUCTION

PREMIER TRAITÉ

Les principes constitutifs du monde inorganique

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

TOME I

Le mécanisme traditionnel, le néo-mécanisme, le mécanisme dynamique, le dynamisme et l'énergétisme

---

LIVRE PREMIER

Le mécanisme traditionnel

CHAPITRE PREMIER

Exposé et évolution historique de ce système

CHAPITRE II

Examen du mécanisme traditionnel

Article premier

Faits de l'ordre chimique

§ 1

Les poids atomiques

§ 2

L'affinité chimique

§ 3

L'atomicité ou la valence

§ 4

La combinaison chimique

§ 5

La récurrence des espèces chimiques

Article II

Faits de l'ordre physique

§ 1

Faits de l'ordre cristallographique

§ 2

Le mécanisme en cristallographie

§ 3

Faits physiques proprement dits

§ 4

Le mécanisme en physique

ARTICLE III

Faits de l'ordre mécanique

§ 1

La théorie cinétique des gaz

§ 2

La pesanteur

§ 3

Le principe de la conservation de l'énergie

ARTICLE IV

Le mécanisme au point de vue philosophique

§ 1

Premier principe mécanique : Le mouvement local est une force, une cause capable de produire un effet mécanique

§ 2

Deuxième principe mécanique :
Le mouvement est transmissible d'un corps à l'autre

§ 3

Troisième principe mécanique : Le mouvement local peut se transformer en chaleur, électricité, lumière, magnétisme

§ 4

Causes générales de l'échec du mécanisme

LIVRE II

Le néo-mécanisme

Article premier

Exposé de ce système

Article II

Critique de ce système

LIVRE III

L'atomisme dynamique

LIVRE IV

Arguments invoqués par le mécanisme traditionnel, le néo-mécanisme et l'atomisme dynamique

Article premier

Arguments tirés de la physique

§ I

L'équivalent mécanique de la chaleur et la loi de corrélation et d'équivalence des forces de la nature

§ 2

Les phénomènes de radioactivité

§ 3

Le mouvement brownien

§ 4

Toutes les activités de la nature sont soumises aux mêmes lois physiques

§ 5

La méthode physique et l'universalité du mouvement

ARTICLE II

Arguments tirés de la chimie

§ 1

Les poids atomiques. Hypothèse de Proust

§ 2

Les relations entre les poids atomiques et les propriétés physico-chimiques de la matière

§ 3

L'analyse spectrale du monde stellaire

§ 4

Faits d'allotropie

LIVRE V

Le dynamisme

Article premier

Exposé du dynamisme

Article II

Critique du dynamisme

Première proposition :
il y a de l'étendue formelle dans le monde de la matière

Deuxième proposition :
l'essence du corps ne consiste pas uniquement dans une force
ou dans un ensemble de forces actives ;
elle implique un élément passif

Troisième proposition :
l'action à distance est physiquement impossible

LIVRE VI

L'énergétisme

Article premier

Exposé de l'énergétisme

Article II

Examen philosophique de l'énergétisme

COSMOLOGIE

ou

Étude philosophique du monde inorganique

COURS DE PHILOSOPHIE

VOLUME VII

COSMOLOGIE

OU

Étude philosophique du monde inorganique

TOME II

La théorie scolastique

PAR

D. NYS

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Troisième édition, Revue, Remaniée et Augmentée

LOUVAIN
Institut de Philosophie
1, Rue des Flamands, 1

PARIS
Librairie FÉLIX ALCAN
108, Boulevard St-Germain, 108

1918

LOUVAIN

Imprimerie F. CEUTERICK, 60, rue Vital Decoster.

CHAPITRE PREMIER

HISTOIRE DE LA COSMOLOGIE SCOLASTIQUE

1. **Aristote** (384-322 av. J.-C.). — L'auteur du système dont nous ferons l'exposé, est Aristote.

A l'encontre des fondateurs du mécanisme, notamment de Démocrite, le philosophe de Stagire qui fut avant tout un observateur de la nature, pose en thèse, au nom des faits, la spécificité des corps et de leurs propriétés.

Les éléments, dit-il, et les composés ont un être propre, une nature distinctive. Deux principes constituent leur essence : l'un indéterminé, identique dans tous les corps, joue le rôle de sujet permanent dans les transformations profondes de la matière : c'est la *matière première*. L'autre, principe de détermination, fixe l'être dans son espèce. Il est la source principale de ses propriétés caractéristiques et le ressort de ses inclinations naturelles. On l'appelle la forme *substantielle*.

Ardent promoteur des causes finales, Aristote fait de la finalité la clef de voûte de son système.

Telle est dans ses grandes lignes la cosmologie aristotélicienne.

On s'est plus d'une fois demandé si le Stagirite n'avait point emprunté aux enseignements de son maître Platon, les idées inspiratrices de cette conception cosmologique.

Dans le *Timée* [1]) surtout, les termes de matière et de forme reviennent assez souvent sous la plume de Platon, et l'être

[1]) PLATON, *Œuvres complètes*, t. VI, pp. 218 et suiv. — A lire sur ce point une intéressante discussion de M. MIELLE, *De substantiae corporalis vi et ratione*, pp. 241 et suiv., Lingonis, 1894.

contingent nous est représenté comme une synthèse de ces deux principes.

Mais les analogies qui se retrouvent entre les systèmes du maître et du disciple résident plus dans l'expression que dans les idées.

Pour Aristote, en effet, les deux constitutifs de l'essence corporelle sont réels et soumis à une interdépendance intrinsèque. Pour Platon, au contraire, la matière est le non-être, le lieu vide, ou une portion de l'espace, destinée à limiter les idées. Par contre, les formes possèdent le monopole de la réalité. Ce sont des types idéaux, subsistants, qui sans rien perdre de leur universalité peuvent se projeter dans l'espace et revêtir de la sorte l'apparence de choses sensibles, changeantes et périssables.

Entre ces deux conceptions à formule semblable, il y a, croyons-nous, toute la distance qui sépare les deux génies philosophiques qui les ont inventées.

2. Depuis Aristote jusqu'au moyen âge. — En 334, Aristote fonda à Athènes, l'*école péripatéticienne*.

Jusqu'au Ier siècle avant Jésus-Christ, les disciples restèrent généralement fidèles à la doctrine du maître et la transmirent à la postérité sans y apporter aucune contribution importante. Au surplus, leurs préférences allaient plutôt à la morale qu'aux doctrines cosmologiques. A partir de cette époque et jusqu'au VIe siècle après J.-C. qui marque la disparition de la philosophie grecque, l'éclectisme imprègne profondément l'esprit et l'enseignement de l'école ; des infiltrations pythagoriciennes et platoniciennes altèrent le péripatétisme au point d'en rendre parfois méconnaissables les données principielles. L'une des personnalités les plus marquantes fut Alexandre d'Aphrodisias (200 ap. J.-C.), qu'on a appelé le second Aristote.

Mais ce n'est pas seulement dans son école qu'Aristote trouva des admirateurs de son œuvre.

Dès la seconde moitié du III[e] siècle après J.-C. l'école *néo-platonicienne* s'adonne avec un réel engouement aux commentaires du Stagirite. Themistius (IV[e] siècle ap. J. C.), de l'*école de Constantinople* et Simplicius (VI[e] siècle ap. J.-C.), de l'*école d'Athènes,* continuent les travaux exégétiques inaugurés par Alexandre d'Aphrodisias. Ils comptent à bon droit parmi les plus grands commentateurs de la doctrine aristotélicienne qu'ait enfantés cette époque.

Les *Pères de l'Église,* et les écrivains ecclésiastiques dont le souci principal est d'établir le dogme ou de le défendre contre les hérésies naissantes, n'accordent qu'une importance secondaire aux travaux d'ordre philosophique. Lorsque les besoins de la discussion les obligent à descendre sur le terrain cosmologique, c'est d'ordinaire à la théorie d'Aristote qu'ils font appel comme à un système communément reçu.

Saint Augustin, notamment dans son XII[e] livre des *Confessions,* décrit de main de maître les propriétés et le rôle de la matière première [1]) Boèce (480-525), ministre du roi des Goths, est aussi l'auteur d'un grand nombre d'œuvres dans lesquelles se trouvent disséminées des conceptions plus ou moins imparfaites sur la matière et la forme [2]). Un des traités les plus importants que nous possédions est l'opuscule *De Trinitate* commenté par saint Thomas d'Aquin.

3. La théorie aristotélicienne pendant le moyen âge. — Durant la première période qui s'étend du IX[e] au XII[e] siècle, la philosophie occidentale ne reste pas indifférente au système hylémorphique du Stagirite.

« On connaît aussi, écrit M. De Wulf, par la voie indirecte

[1]) S. Augustin n'a cependant pas toujours défendu la même opinion. A propos de l'œuvre des six jours, il compare la matière à la terre et à l'abîme, qu'il tient pour ce qu'il y a de plus près du néant. Cfr. *De Genesi contra Manichaeos,* Lib. I, c. 7.

[2]) Cfr. De Wulf, *Histoire de la philosophie médiévale,* pp. 141 et passim, Louvain, 1912.

de saint Ambroise et de Boèce, la composition de la matière et de la forme. Mais cette doctrine organique du péripatétisme ne joue qu'un rôle effacé et est toujours mal comprise. La matière, pour les uns, est le chaos primitif des éléments (Alcuin), pour les autres, elle est l'atome matériel, résidu ultime de la division (les atomistes, G. de Conches) ; pour d'autres, la matière est une masse qualitativement constituée et douée d'un mouvement dynamique (école de Chartres). Si d'aucuns (Isidore de Séville, Rhaban Maur, Gilbert de la Porrée) soupçonnent le caractère d'indétermination absolue et de passivité qu'Aristote reconnaît à la matière, ils sont incapables d'approfondir cette notion.

» De même, la forme n'est pas considérée comme le principe substantiel de l'être, mais comme la *somme* de ses propriétés. Dès lors, le devenir et le mouvement n'affectent pas la réalité fondamentale des choses, mais l'apparition et la disparition de propriétés consécutives à cette réalité » [1]).

A cette époque, l'Orient qui avait reçu, depuis plusieurs siècles déjà, des chrétiens de Syrie les œuvres d'Aristote, eut, dans la personne d'Avicenne (980-1037), un commentateur célèbre de l'encyclopédie aristotélicienne. En Espagne, Averroès (1126-1198), admirateur enthousiaste du Stagirite, nous transmet des commentaires de valeur où le péripatétisme cependant se voit parfois altéré en des points essentiels.

Le XIII[e] siècle fut l'âge d'or de la scolastique.

Par l'intermédiaire des Arabes, l'Occident arrive à la connaissance des œuvres originales d'Aristote. La Physique et la Métaphysique, jusqu'alors inconnues, sont rapidement vulgarisées, grâce aux nombreuses traductions latines qu'on en donne, et la théorie cosmologique qui s'y trouve consignée devient l'objet d'ardentes discussions. Une pléiade d'individualités marquantes exploitent à l'envi cette mine nouvelle. Citons entre autres : Alexandre de Halès, Albert le Grand,

1) De Wulf, *ouv. cité*, p. 142.

saint Thomas dont le plus redoutable antagoniste fut Duns Scot, saint Bonaventure et Henri de Gand.

Aussi, à partir de cette époque, la doctrine de la matière et de la forme reprend sa place d'honneur dans la philosophie scolastique ; elle fait corps avec le système et partage ses vicissitudes.

De tous ces illustres penseurs, nul cependant ne lui donna plus de relief et de développement que saint Thomas d'Aquin. Non seulement il la restaura dans sa pureté native en la dégageant des fausses interprétations qu'avaient suggérées certains textes obscurs, mais il la purgea de ses erreurs, la mit en harmonie avec les données de la foi, et l'enrichit d'aperçus nouveaux qui en sont le complément naturel. De là, le nom de *théorie thomiste* qu'on se plaît souvent à lui donner.

La seconde moitié du XIVe et la première moitié du XVe siècle comprennent la période de décadence de la scolastique. Le relâchement des études, les envahissements progressifs des philosophies antagonistes et l'épuisement de la scolastique elle-même, telles sont les causes principales de cet affaiblissement [1]).

Les Frères-Prêcheurs, les Cisterciens et les Carmes se conforment généralement à la doctrine de saint Thomas.

Parmi les thomistes les plus distingués du XVe siècle, il faut citer Capreolus (1380-1444), de l'Ordre des Dominicains, qui reçut de ses contemporains le titre de *Princeps thomistarum*.

Du XVe au XVIIe siècle, la philosophie traditionnelle se trouve aux prises avec de nouveaux courants d'idées auxquels elle oppose une faible résistance.

La Renaissance, c'est-à-dire le retour vers la culture de l'antiquité, provoque l'éclosion de nombreux systèmes philo-

[1]) Pour le développement de ces causes, cfr. DE WULF, *ouv. cité*, pp. 507 et suiv.

sophiques dont les attaques sont le plus souvent dirigées contre l'ancien thomisme. La Réforme ou la grande révolution religieuse du XVIe siècle, n'épargne pas davantage la philosophie qui avait été jusque-là la plus précieuse alliée du dogme catholique auquel elle déclare la guerre.

Ajoutons enfin les progrès rapides des sciences naturelles et le mépris des savants pour les thomistes indifférents à l'égard des découvertes nouvelles.

Toutes ces influences réunies n'étaient point de nature à communiquer à la scolastique décadente un regain de vitalité.

Cependant, cette époque produit quelques théologiens catholiques de marque. Cajetan (1449-1534) et Sylvestre de Ferrare (1474-1528) commentent, l'un la *Somme théologique* de saint Thomas, l'autre, la *Somme contre les Gentils*. L'Université de Salamanque devient le centre d'une restauration à la fois théologique et philosophique, et les œuvres du grand Docteur y sont rendues classiques.

Plusieurs ordres religieux entrent ainsi dans le mouvement. Les Dominicains ont pour principaux représentants Dominicus Soto (1494-1560), Bannez (1528-1604) et Jean de Saint-Thomas (1589-1644). Les Jésuites, Fonseca (1548-1597), professeur au Collège de Coïmbre, où fut composé sous sa direction un commentaire très étendu de la philosophie d'Aristote et intitulé *Cursus Conimbricensium*. Citons aussi Vasquez (1509 1566) et Suarez (1548-1617).

4. Du XVIIe siècle à nos jours. — Au commencement du XVIIe siècle, plusieurs hommes de génie, entre autres Copernic, Galilée et Képler, donnent à l'astronomie et à la physique un essor considérable. L'étude de la constitution des cieux, du mouvement des astres, des relations entre notre globe et les corps célestes, est le point de départ d'une série de découvertes importantes devant lesquelles s'effondre rapidement l'ancienne physique aristotélicienne.

Dès lors, on n'eut plus que du dédain pour cette science

surannée que l'on trouvait si souvent en défaut dans le domaine astronomique ; et au lieu de faire la part de l'erreur et de la vérité, de distinguer le système philosophique des conclusions scientifiques erronées dont il n'était nullement tributaire, on confondit dans un même mépris l'œuvre entière d'Aristote.

Grâce à l'influence de Descartes (1596-1650), le restaurateur de l'atomisme de Démocrite et le pourfendeur du Stagirite, la philosophie scolastique disparut de l'enseignement officiel, tandis que deux courants issus du cartésianisme, l'idéalisme d'une part et le positivisme de l'autre, envahissaient le monde des esprits.

Pendant la seconde moitié du siècle dernier, quelques philosophes inaugurèrent une restauration de la philosophie traditionnelle. Ce furent, notamment, Liberatore [1]) et Sanseverino [2]) en Italie, Kleutgen [3]) en Allemagne.

Ces généreuses tentatives, trop isolées, n'exerçaient encore qu'une action restreinte, lorsque Léon XIII, témoin du désarroi des intelligences en matière philosophique et effrayé du progrès de tant de systèmes erronés, vint recommander au monde chrétien, dans son Encyclique *Æterni Patris,* le retour à la doctrine scolastique si admirablement codifiée par saint Thomas d'Aquin.

La voix du grand Pontife fut entendue, et le mouvement néo-thomiste comptera bientôt parmi les grandes révolutions intellectuelles de cette époque.

[1]) Liberatore, *Institutiones philosophicae,* 3 vol. Prati, Giachetti, 1883-1884. — *Du composé humain.* — *Della composizione sostanziale dei corpi.* — *De la connaissance intellectuelle.* Paris, Berghe, 1885.

[2]) Sanseverino, *Elementa philosophiae christianae,* vol. II. *Cosmologia.*

[3]) Kleutgen, *La philosophie scolastique,* Paris, Gaume, 4 vol. 1869-1870.

CHAPITRE II

EXPOSÉ DE LA COSMOLOGIE SCOLASTIQUE [1].

5. Les idées-mères de cette théorie. — Au terme de notre premier traité, nous avons résumé les conclusions que l'examen des systèmes mécanique et dynamiste semblait avoir légitimées. Ces conclusions qui peuvent se ramener aux trois propositions suivantes, constituent les idées fondamentales de la théorie scolastique.

1° Il existe dans le monde, des êtres doués d'unité essentielle, spécifiquement distincts les uns des autres, naturellement étendus [2].

2° Ces êtres possèdent des puissances actives et passives qui émanent de leur fond substantiel et lui restent indissolublement unies [3].

3° Ils ont une tendance immanente vers certaines fins spéciales qu'ils sont appelés à réaliser par l'exercice de leurs énergies natives [4].

[1]) Cette théorie a reçu différents noms : on l'appelle *théorie aristotélicienne* du nom de son inventeur, Aristote ; *théorie péripatéticienne* ou *péripatétisme*, parce que l'École de ce nom, fondée par le Stagirite, en fut, dans l'antiquité, la dépositaire attitrée ; *théorie scolastique*, à cause de la place prépondérante qu'elle occupa dans l'enseignement de l'École pendant la période médiévale ; *théorie thomiste*, en souvenir de son principal représentant, saint Thomas d'Aquin ; enfin *théorie hylémorphique*, ou *de la matière et de la forme*, parce que ces constitutifs du corps en rappellent une des doctrines fondamentales.

[2]) S. Thomas, opusc. *De natura materiae*, c. VIII. — *De principiis naturae*. — *De pluralitate formarum*. — *De mixtione elementorum*.

[3]) S. Thomas, opusc. *De ente et essentia*, c. VII. — *Sum. Theol.*, P. I, q. 77, a. 6, ad 3.

[4]) S. Thomas, *Cont. Gent.*, l. IV, c. 19. « Res naturalis per formam qua

De ces principes généraux se déduit un corollaire important : la possibilité, la nécessité même de la transformation substantielle, et par suite l'existence dans tout corps naturel de deux principes constitutifs, matière et forme. Lorsqu'on accorde en effet aux composés chimiques ou même aux êtres vivants une véritable individualité et une nature spécifique, on ne peut se refuser à admettre que les éléments générateurs, en entrant dans la synthèse finale, revêtent un état substantiel nouveau.

Cet exposé laconique demande quelques développements.

Le procédé le plus simple pour le faire entendre, c'est l'analyse de la transformation substantielle : car dans ce fait bien compris et sagement interprété est contenue comme en germe toute la théorie scolastique sur la nature des corps.

Précisons-en le sens [1]).

perficitur in sua specie habet inclinationem in proprias operationes et proprium finem quem per operationes consequitur : quale enim est unumquodque, talia operatur et in sibi convenientia tendit. »

1) L'étude des systèmes ne nous a donné qu'une preuve indirecte de la théorie scolastique. Mais cette preuve présente le grand avantage d'être elle-même une initiation progressive à l'intelligence de la théorie. Les grandes lignes qui en forment l'ossature se sont en effet dessinées lentement au sein du fouillis des faits, en sorte qu'il nous a suffi de les rapprocher les unes des autres, de les réunir en un tout logiquement enchaîné, pour y voir apparaître la conception aristotélicienne du monde.

Celle-ci, sans doute, peut se réclamer aussi de preuves directes ; mais il est préférable, croyons-nous, d'en ajourner l'exposé.

A ce moment, nous partirons d'un fait provisoirement établi par le traité précédent, savoir la transformation essentielle des corps.

Nous déduirons de ce fait les caractères essentiels des éléments constitutifs du corps, matière et forme, sauf à compléter cette analyse par un appel à l'expérience chaque fois qu'elle pourra nous fournir des renseignements utiles.

Quant aux propriétés, nous les étudierons à la lumière des données expérimentales, ainsi que nous avons procédé dans l'examen des systèmes.

L'exposé de la théorie scolastique sera donc toujours accompagné de sa justification. Et dans les preuves directes que nous apporterons plus tard, nous n'aurons plus à établir que cette idée-mère de tout le système : il existe dans l'univers des natures spécifiquement distinctes.

6. Analyse de la transformation substantielle. — Pour qu'un être se transforme en un autre, il faut d'abord qu'une partie *essentielle* de cet être persiste à travers les changements dont il est le sujet et se retrouve inchangée dans le résultat ultime de la transformation. S'il en était autrement, la substance transformable serait anéantie et remplacée par une substance nouvelle, tirée totalement du néant.

En second lieu, supposé que dans cette métamorphose l'être en question ne soit point dépouillé d'une *partie spécifique* en échange d'une autre partie qui l'élève au rang d'une espèce nouvelle, il serait illogique de le dire transformé, puisque le changement qui sauvegarde l'intégrité substantielle ne saurait avoir pour résultat la naissance naturelle d'un être.

Tout corps susceptible d'un pareil changement contient donc, malgré son unité essentielle, deux éléments constitutifs : l'un est une empreinte spécifique, une détermination foncière d'où résultent l'actualité et les traits distinctifs du corps. C'est ce principe qui naît ou disparaît à chaque étape des transformations profondes de la matière. Les scolastiques lui avaient donné le nom de *forme substantielle*. L'autre est un élément indéterminé, tenant, de son indifférence native, l'aptitude à s'unir successivement aux principes déterminants des espèces corporelles. Il sert de substrat réceptif aux formes substantielles. On l'a appelé *matière première* pour le distinguer des corps de la nature auxquels on réservait le nom de *matière seconde*.

ARTICLE PREMIER

La matière première

7. Acceptions diverses de ce terme. — Dans le langage courant, le mot *matière* désigne l'ensemble des corps réalisés dans l'univers, ou, au moins, répond à une notion concrète, à une réalité individuelle opposée à l'esprit par son essence comme par ses qualités.

Affecté du qualificatif *première,* il se prend sous une acception plus restreinte ; il exprime un état particulier de l'être corporel, une indétermination, ou mieux, une imperfection relative. La laine, le coton, le lin jouent le rôle de matière première dans la fabrication des étoffes et des draps. Le minerai de fer, sous ses formes multiples d'oxyde ou de carbonate, constitue la matière première que l'industrie transforme en métal et plus tard en une variété infinie d'objets utiles.

En réalité, toutes les applications de ce terme *matière première* impliquent l'idée d'une espèce corporelle déterminée, mais qui, relativement aux formes définitives qu'on lui destine, se présente sous les traits d'une chose inachevée et imparfaite.

Transportée dans le domaine de la philosophie, la formule y reçut un sens plus profond, en conservant toutefois des analogies frappantes avec la signification originelle.

Ici, l'indétermination qui s'attache à la matière première ne porte plus seulement sur le défaut de certaines formes extérieures étrangères à l'intégrité essentielle du corps ; elle devient absolue sous le double aspect substantiel et accidentel.

En théorie scolastique, la matière première est bien une

partie du corps, mais elle ne possède d'elle-même aucune de ces empreintes profondes qui spécifient les êtres corporels. Vierge de toute détermination substantielle, à plus forte raison l'est elle aussi de toutes les propriétés chimiques et physiques dont sont douées les espèces du monde inorganique [1]). Elle n'est ni or, ni argent, ni cuivre, bien qu'elle puisse être élevée à la perfection de ces métaux par la réception de principes déterminants appropriés.

8. Réalité de la matière première. — Dépouillée par la pensée de toute forme essentielle, la matière première nous apparaît comme un résidu corporel absolument indéterminé. Néanmoins ce serait une erreur de la reléguer parmi les entités logiques. Elle a sa place marquée dans le monde des existences, puisqu'elle concourt avec la forme, à titre de principe physique consubstantiel, à la constitution du corps réel.

La nature, il est vrai, ne nous offre rien qui soit frappé d'une telle indétermination, et l'on est tenté de se demander

[1]) S. Thomas, *De spirit. creat.*, q. I, a. 1 : « Id communiter materia prima nominatur quod est in genere substantiae ut potentia quaedam intellecta praeter omnem speciem et formam, et etiam praeter privationem ; quae tamen est susceptiva et formarum et privationum. »

On ne peut donner à la matière première le nom de « substrat permanent des formes substantielles » qu'à la condition de la dépouiller par la pensée, non seulement de toutes les formes essentielles qui la déterminent en fait dans le monde des existences, mais aussi de toutes les aptitudes particulières ou exigences qu'elle tient du corps où elle est réalisée.

Ainsi la matière première de l'hydrogène et de l'oxygène possède une réceptivité particulière à l'égard de la forme spécifique de l'eau, parce que ces deux corps simples ont une affinité mutuelle et une tendance commune à se transformer en eau. Cette aptitude n'est évidemment pas essentielle à la matière première conçue comme substrat universel des formes substantielles. Aussi, lorsqu'elle est soumise à ces relations adventices et passagères, on l'appelle d'ordinaire *materia prima transiens,* pour la distinguer de la matière totalement indéterminée, *materia permanens,* dont l'être intime passe sans aucune altération d'un corps dans un autre. Cfr. S. Thomas, opusc. *De principiis naturae.* — « Materia quae non importat privationem, est permanens : quae autem importat, transiens. »

comment un être aussi imparfait peut revêtir un état concret. L'actualité n'est-elle pas une condition indispensable de l'existence ?

Oui, sans doute, et nulle raison ne nous autorise à soustraire la matière première à cette loi générale. Mais, ne l'oublions pas, l'abstraction mentale n'opère pas une séparation réelle. S'il nous est permis de considérer isolément ce principe corporel, et de mettre ainsi à nu son imperfection native, en fait, il se trouve toujours uni à une forme particulière, et celle-ci lui donne la détermination essentielle dont il a besoin pour exister. En d'autres termes, ce qui existe, ce n'est point ce substrat matériel isolé, mais la matière individualisée et spécifiée, en un mot, le corps naturel dont elle est une partie constitutive.

9. Passivité de la matière première. — La matière première se comporte à l'égard des formes essentielles comme une puissance passive vis-à-vis de son acte connaturel. L'acte et la puissance appartenant au même genre, on comprend que la première détermination dont elle est susceptible ne peut être qu'une forme substantielle.

La complète potentialité qui la caractérise n'est donc pas une propriété adventice, une sorte de modalité accidentelle surajoutée. Par son essence même, la matière est destinée à recevoir la forme ; par son essence aussi, elle est une puissance passive [1]).

Elle jouit par conséquent d'une réceptivité universelle qui s'étend à l'ensemble des perfections spécifiques des corps, et ultérieurement à la totalité des propriétés accidentelles dont elle constitue, avec la forme, le sujet d'inhérence [2]).

[1]) S. Thomas, *Phys.*, Lib. I, lect. 14. « Non igitur potentia materiae est aliqua proprietas addita super essentiam ejus, sed materia secundum substantiam est potentia ad esse substantiale. »

[2]) On a parfois discuté la question de savoir si la matière première pos-

10. Dépendance de la matière à l'égard de la forme. — A raison de son état d'indétermination absolue et de sa souveraine passivité, la matière première occupe la dernière place dans l'échelle des perfections créées. Rien d'étonnant que nulle réalité ne possède moins d'aptitude à une existence propre, que nulle n'éprouve plus impérieusement le besoin d'une union qui puisse secourir son indigence. Aussi dépend-elle intrinsèquement de la forme.

Cette dépendance est si profonde que la matière première rentrerait d'elle-même dans le néant, si le Créateur venait à la dépouiller de tout principe déterminant. Pour plusieurs scolastiques, entre autres saint Thomas, il ne serait même pas au pouvoir de Dieu de la conserver dans cet état d'isolement.

Il faut donc ranger parmi les fictions poétiques, cette hypothèse d'après laquelle, à l'origine des choses, l'Auteur de la nature aurait appelé à l'existence une matière informe en vue d'en façonner ensuite les diverses substances du monde inorganique. Dès le premier instant de la création tous les substrats matériels se sont trouvés directement unis aux formes essentielles des corps simples dont la combinaison devait produire les multiples composés de la chimie [1]).

sède par elle-même une certaine actualité, s'il n'est point permis de lui accorder un « commencement d'acte » ou un « acte imparfait ».

Il n'y a là, nous semble-t-il, qu'une question de mots.

Si l'on entend par *acte* une *réalité* quelconque, il est clair que la matière première est un acte véritable, bien que dépendant essentiellement de la forme, sinon comment jouerait-elle le rôle de principe physique du corps ?

Si, au contraire, on réserve cette dénomination d'*acte* pour toute *forme déterminante*, soit substantielle, soit accidentelle, il est aussi évident que la matière première ne mérite à aucun titre ce qualificatif.

La question soulevée n'a d'importance rélle, que si on la rattache au problème général de la distinction entre l'existence et l'essence.

Si l'on supprime en effet toute distinction réelle entre l'essence réelle et l'existence, la matière première constitue par elle-même un acte incomplet, comme elle constitue une pure puissance pour ceux qui souscrivent à cette distinction.

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De potentia*, q. IV, a. 1, in corpore.

11. Tendance immanente de la matière première. — Les scolastiques reconnaissent aussi à la matière une tendance innée, *appetitus innatus, naturalis,* une appétence naturelle pour les formes essentielles. Loin d'eux la pensée d'élever cette tendance à la hauteur d'un principe évolutif actif qui transporterait la matière des degrés infimes de l'être jusqu'aux activités les plus élevées de la vie animale. Une telle hypothèse n'est point pour déplaire aux évolutionnistes modernes, mais elle est inconciliable avec la passivité radicale de la matière première.

En lui attribuant cette sorte de désir instinctif, l'École voulait simplement mettre en relief la destination naturelle de la matière aux formes spécifiques, ou, si l'on veut, cette plasticité en vertu de laquelle la matière ne se laisse jamais absorber par une forme au point de ne pouvoir plus, dans les circonstances favorables, revêtir d'autres formes plus ou moins parfaites.

En somme, il n'y a là qu'une expression nouvelle de sa souveraine et universelle potentialité [1]).

12. La matière première précède-t-elle la forme substantielle ? — Les deux principes constitutifs de l'essence corporelle sont incapables, avons-nous dit, de subsister isolément. La question de savoir si l'un d'entre eux précède l'autre dans l'ordre des existences concrètes, ne se pose donc pas. Mais dans l'ordre de la pensée, rien ne nous empêche d'accorder à la matière une certaine priorité. Relativement à la forme, elle est en effet un substrat réceptif, une réalité

[1]) S. Thomas, *Phys.*, Lib. I, lect. 14. « Nihil igitur est aliud materiam appetere formam, quam eam ordinari ad formam ut potentia ad actum. Et quia, sub quacumque forma sit, adhuc remanet in potentia ad aliam formam, ideo est ei semper appetitus formae... quia est in potentia ad alias formas dum unam habet in actu. »

potentielle logiquement antérieure au principe déterminant qu'elle est appelée à recevoir [1]).

13. Évolution de la matière première. — D'après un adage communément reçu chez les scolastiques, la matière première se prête à l'information de *toutes* les formes essentielles de la nature.

Cette aptitude universelle ne se rencontre cependant que dans la matière universalisée par l'abstraction, dégagée de la sorte de toute relation particulière qu'elle a, en fait, avec telle ou telle forme spéciale. Ainsi transportée dans l'ordre idéal, la matière offre une indétermination si grande qu'elle peut s'harmoniser avec un principe spécifique quelconque.

Dès qu'elle est au contraire individualisée dans les différents corps de l'univers, elle voit se restreindre du même coup sa réceptivité native [2]). Le sens et l'extension de son évolution dépendent alors des êtres matériels qui la contiennent et des lois qui régissent les combinaisons chimiques.

Les corps simples de la chimie, actuellement au nombre de quatre-vingt-cinq, ne se transforment point les uns dans les autres ; la matière de l'hydrogène, par exemple, ne peut dans aucun cas revêtir la forme essentielle de l'oxygène ou de l'azote. L'expérience nous montre en effet, que si deux corps simples doués d'affinité mutuelle viennent en conflit, ces deux corps, en vertu du principe de l'égalité entre l'action et la réaction, s'altèrent mutuellement et donnent finalement naissance, non à de nouveaux corps simples, mais à un composé dont la forme unique est le substitut naturel des formes élémentaires disparues.

1) S. Thomas, *Summ. Theol.*, P. I, q. 105, a. 1 ; q. 66, a. 1 ; q. 45, a. 4. — *Quaest. disp.*, q. 4, a. 1, ad 1um.

2) S. Thomas, *De natura materiae*, c. V. « Si vero aliqua particularis materia, puta ignis vel aeris, a sua forma spoliaretur, manifestum est in ipsa non relinqui tam amplam potentiam ad formas de ea educibiles, sicut invenitur in materia in sua universalitate. »

Il est donc reconnu jusqu'ici comme physiquement impossible, qu'une même matière revête successivement toutes les formes essentielles [1]).

A part ces réserves imposées par la science moderne, il est permis d'attribuer à la matière première une évolution passive d'une étendue illimitée.

Entraînée dans le tourbillon des réactions chimiques, on la voit abandonner ses formes élémentaires pour revêtir celle du composé. Des composés relativement simples, elle passe dans des associations toujours plus complexes et finit par se retrouver, après de nombreuses métamorphoses, dans les substances albuminoïdes qui constituent les tissus des végé-

[1]) Sur ce point, la physique du moyen âge était entachée d'une double erreur. Elle enseignait d'abord la possibilité d'une transmutation mutuelle des éléments, alors au nombre de quatre : l'air, la terre, l'eau et le feu. Ces composés dont elle faisait autant de corps simples pouvaient, disait-elle, se transformer les uns dans les autres sans perdre leur simplicité native. Cette double affirmation se trouve controuvée par la chimie moderne, même par la chimie des corps radioactifs. Cfr. I[er] *Traité,* p. 23.

Les corps allotropes et les corps polymères, qui semblent constituer des espèces bien définies, jouissent souvent de la faculté de se transformer les uns dans les autres. Mais la diversité de leurs états spécifiques résulte de l'inégale richesse de leur molécule en éléments identiques.

En second lieu, la physique ancienne établissait une distinction de nature entre la matière céleste et la matière terrestre. C'est à la notion de mouvement qu'Aristote le premier avait rattaché cette distinction : les corps célestes sont doués du mouvement local le plus parfait, le mouvement circulaire, tandis que les corps sublunaires ont pour propriété le mouvement rectiligne. Le Stagirite en infère d'importantes conséquences. Puisque le mouvement circulaire est uniforme et que le changement substantiel suppose une certaine opposition entre le point de départ de la transmutation et son terme, il conclut que les corps célestes sont *immuables, impérissables,* soustraits à la passion, à la croissance et à la décroissance. Cfr. De Wulf, *Histoire de la philosophie médiévale,* p. 43. Louvain, 1912.

Grâce surtout à l'analyse spectrale, l'identité de nature des corps célestes et des corps sublunaires est devenue aujourd'hui un fait hors de toute conteste.

A l'encontre d'Aristote, saint Thomas admettait pour les astres, comme pour les corps terrestres, la composition de matière et de forme. Cfr. *Summa theol.,* p. I, q. 66, a. 2.

taux. Élevée par la forme spécifique du végétal au rang de substance vivante, elle peut prendre place un jour dans l'organisme de l'animal, à titre de partie constitutive, et atteindre enfin au sommet de l'échelle des êtres corporels, à l'homme, où elle concourra, à sa façon, aux fonctions les plus hautes de la vie sensible et intellectuelle [1]).

Toutefois, dans cette évolution, la matière ne se départit jamais de son rôle d'élément passif ; si elle gravit successivement les degrés supérieurs de l'être matériel, c'est toujours en vertu de formes spécifiques que vient réaliser en elle l'action des causes secondes.

De plus, il s'en faut que toutes les portions de matière première répandues dans les êtres de ce monde soient destinées à une évolution aussi vaste. C'est le sort d'un petit nombre de corps simples. Pour la plupart d'entre eux, la forme de composé chimique minéral est le terme ultime des métamorphoses possibles, puisqu'on ne les rencontre jamais dans la constitution d'aucun être vivant.

14. **Unité de la matière première.** — En fait, tous les corps de la nature possèdent en propre une certaine quantité de matière. Il existe donc autant de substrats matériels ou de portions distinctes de matière première qu'il y a d'individus corporels. Aussi, à ce point de vue, on commettrait une erreur pernicieuse si l'on douait la matière d'une véritable unité numérique ; le panthéisme y trouverait sans aucun doute son profit.

Néanmoins, malgré cet éparpillement, tous les échantillons de la matière première gardent, même sous les empreintes spécifiques des formes substantielles, un caractère commun. Lorsqu'on les dépouille par abstraction de leurs principes déterminants et des aptitudes spéciales qui en résultent, ils

[1]) S. Thomas, *Summa cont. Gent.*, L. III, c. 22.

offrent entre eux une similitude parfaite et forment l'objet d'un même type idéal.

Ainsi conçue, la matière première devient une, mais son unité est purement conceptuelle [1]).

15. **Cognoscibilité de la matière première.** — La description que nous avons faite de cet élément matériel nous indique déjà quelle connaissance nous pouvons en avoir.

Tout ce qui tombe sous les prises de nos perceptions sensibles est concret, déterminé; ce sont les phénomènes des substances corporelles ou, plus exactement, ce composé de substance et d'accident qui s'appelle *corps*.

L'imagination elle-même limite son activité au domaine des déterminations accidentelles; elle a pour mission de conserver, de reproduire et de combiner les images qu'elle reçoit des sens externes.

D'évidence, la matière première qui ne se signale par aucune de ces propriétés naturelles aux corps, ne peut être atteinte par nos facultés organiques [2]).

La raison seule nous la fait connaître. Encore, n'en a-t-elle jamais un concept propre et immédiat. Car l'intelligibilité d'un être se mesurant à son degré d'actualité, il est clair que le pur potentiel échappe à toute perception directe. Aussi, c'est uniquement par la voie du raisonnement et l'analyse des transformations substantielles, que l'intelligence parvient

1) S. Thomas, opusc. *De principiis naturae.* « Dicitur etiam aliquid unum numero quia est sine dispositionibus quae faciunt differre secundum numerum ; et hoc modo dicitur materia prima unum numero quia intelligitur sine omnibus dispositionibus, quae faciunt differre numero, vel a quibus est differentia in numero... » « Materia est una rationis et similitudinis, non autem reali et numerica unitate. » — Cfr. Quaest. disp. *De spir. creat.*, q. 1, a. 1, in corpore.

2) Voir un exposé complet de la doctrine d'Aristote sur la nature de la matière première chez Rivaud, *Le problème du devenir et la notion de la matière dans la philosophie grecque*, pp. 424 et suiv., Paris, Alcan, 1906.

à s'en faire une idée, en partie positive, en partie négative, et à la concevoir comme un sujet incomplet servant de substrat permanent aux types spécifiques du monde matériel [1]).

[1]) S. Thomas, opusc. *De natura materiae*, c. 2. — *Physic.*, Lib. I, lect. 14.

ARTICLE II

La forme substantielle

16. **Sens divers du mot « forme ».** — Le second principe constitutif de la substance corporelle, est la forme substantielle.

Ce mot « forme » a plusieurs sens. Littré, dans son Dictionnaire de la langue française, ne relève pas moins de vingt-neuf significations différentes. A travers ces nombreuses nuances, se retrouve cependant une idée dominante, celle de distinction, de détermination. La philosophie qui emprunte d'ordinaire ses termes au langage vulgaire, a aussi respecté ce sens primitif et fondamental ; elle comprend, sous le nom de *forme,* tout ce qui donne aux êtres, d'une manière quelconque, un cachet d'actualité.

Il existe dans les corps deux sortes de déterminations. Les unes constituent cet ensemble de caractères apparents qui nous fournissent le signalement complet de chaque espèce minérale. Tels sont l'étendue, la couleur, la dureté, la forme cristalline, le poids spécifique, les énergies chimiques et physiques. Ces propriétés ne jouissent pas de subsistance individuelle. Toutes au contraire reposent sur un fond commun, adhèrent à la substance dont elles sont les manifestations naturelles, sans faire partie de sa constitution intime. Pour ce motif, on les appelle *formes accidentelles* ou simplement *accidents*.

Mais sous ces caractères secondaires se trouve une réalité d'elle-même subsistante. Or, ce fond unique, cette source d'où jaillissent toutes les propriétés distinctives de l'être est aussi quelque chose de déterminé, de spécifié. La substance du plomb, par exemple, n'est pas identique à la substance de

l'or, et celle-ci se différencie du type spécifique de l'argent. Chacune d'elles a donc aussi sa forme, son principe foncier de détermination. Cette empreinte profonde par laquelle la matière commune devient une espèce déterminée de corps, porte le nom de *forme substantielle* ou de principe spécifique des essences corporelles.

17. Nature de la forme substantielle. — Tandis que la matière première ne nous offre que du non-déterminé, du potentiel, la forme au contraire ne contient, dans la totalité de son être, que du déterminé et de l'actuel. La matière est une puissance, la forme en est l'acte premier, le perfectionnement substantiel dont elle a besoin pour devenir un corps naturel.

Aussi, à raison de ce rôle constitutif, précède-t-elle, au moins d'une priorité logique, toutes les autres déterminations accidentelles.

D'autre part, comme nul être corporel ne peut exister sans appartenir à une espèce donnée, on conçoit que la forme, en actuant la matière, l'élève non seulement au rang de corps, mais lui confère du même coup sa note spécifique. D'ailleurs, l'essence individuelle et les notes essentielles de l'espèce sont, en fait, une seule et même essence qui prend le nom d'*individuelle* ou de *spécifique,* selon qu'on la considère dans sa réalité concrète ou dans la forme idéale de l'abstraction.

18. Sa dépendance vis-à-vis de la matière première. — Source première de toutes les perfections de l'être, la forme possède sur son substrat matériel une incontestable supériorité. Néanmoins, elle aussi se trouve frappée d'une imperfection native qui l'empêche de revendiquer pour elle-même une existence propre. Elle est un acte, sans doute, mais cet acte a pour destination essentielle d'informer la

matière. Elle en dépend comme d'un sujet en dehors duquel elle ne peut naître ni exister [1]).

19. Causalité de la forme. — En général, on donne le nom de *cause* à tout ce qui exerce une influence réelle sur le devenir d'un être.

La forme qui exerce un rôle si important dans la constitution des essences corporelles, mérite bien ce nom. Toutefois, ne serait-ce pas méconnaître sa souveraine dépendance que de lui attribuer une causalité efficiente, c'est-à-dire la faculté de produire dans le substrat matériel une détermination distincte d'elle-même ? D'emblée, la forme prendrait rang parmi les réalités subsistantes ; elle serait à elle seule un être complet, l'être seul étant capable d'agir. Et puis, ferait-elle partie intégrante du corps si elle ne lui procurait que les effets de son activité ?

Tout autre est la causalité qu'il faut attribuer à ce principe spécifique. Sous l'influence de causes secondes, il naît dans et dépendamment de la matière qui lui prête son concours passif ; il la revêt de sa propre réalité, ou mieux, il se communique si intimement au sujet matériel, que celui-ci, pénétré de toutes parts de cette détermination foncière, devient un corps déterminé.

Sans exercer une action proprement dite, et par la simple communication de son être, la forme concourt donc positivement au devenir du corps, puisque le résultat immédiat de son intervention est une essence complète, capable d'exister. A cette sorte d'influence de la forme essentielle, l'École avait donné le nom de « causalité formelle », *causa formalis*.

20. Rôle des formes substantielles. — En vue de mettre en lumière les diverses fonctions remplies par la forme, soit dans la constitution physique, soit dans l'évolution natu-

[1]) Kleutgen, *La philosophie scolastique*, t. III, p. 103. Paris, Gaume, 1870.

relle des êtres, les thomistes font usage de plusieurs expressions dont il importe de connaître exactement le sens.

Trois surtout appellent spécialement notre attention :

1° **Principe d'être.** — C'est sous ce titre que très souvent le philosophe médiéval se plaît à désigner la forme substantielle.

A parler rigoureusement, ni la matière ni la forme ne sont causes de l'*existence* du corps. L'essence complète, issue de leur intime union, tel est le premier sujet de cet acte ultime. Bien que la subsistance soit un complément naturel et inséparable de toute essence concrète, elle ne tire point son origine de la forme, mais elle est produite par le même agent extrinsèque qui a investi la matière première de sa forme essentielle. D'ailleurs, si le principe déterminant ne possède point d'existence indépendante, comment pourrait-il conférer cette perfection au corps dont il fait partie ?

Mais il est un autre point de vue qui légitime l'appellation mentionnée.

Une essence quelconque n'est apte à subsister isolément qu'à la condition d'être complètement déterminée, car la subsistance n'enrichit jamais un être de nouvelles perfections essentielles ; elle le suppose déjà constitué et le place, tel qu'il est, dans l'ordre des existences indépendantes.

Or, cette détermination foncière, cet achèvement interne de l'essence dont la suite naturelle est l'être subsistant, d'où vient-il, sinon de la forme ? En réalisant cette condition, la forme rend possible ou même nécessaire l'acte ultime d'existence. De là son nom de *principe d'être* [1]).

[1]) S. Thomas, *Cont. Gent.*, Lib. II, c. 54, n. 3. « Ad ipsam etiam formam comparatur ipsum esse ut actus : per hoc enim in compositis ex materia et forma, dicitur principium essendi, quia est complementum substantiae cujus actus est ipsum esse : sicut diaphanum est aeri principium lucendi, quia facit eum proprium subjectum luminis. »

2° **Principe d'action.** — L'action, dit saint Thomas, est le fait du composé physique. Lui seul peut agir, car l'activité est l'épanouissement de l'être, et le composé seul jouit d'une existence propre.

La forme cependant s'appelle, à juste titre, un principe radical d'action. Dans la nature en effet, l'intensité et l'étendue des activités se mesurent à la perfection et au degré d'actualité de l'être qui agit. Le principe foncier de toutes les déterminations, ou la forme substantielle, doit donc être aussi la raison dernière de l'action [1]).

3° **Principe de finalité.** — Dans la théorie aristotélicienne, l'univers apparaît comme un tout parfaitement ordonné où règne un système complet de lois harmoniques. Il est fait en vue d'une fin à la réalisation de laquelle chaque individualité concourt en suivant les voies que lui trace d'avance sa nature propre. Tout être porte donc en son sein une sorte de ressort intime, de force plastique qui l'oriente vers sa fin individuelle.

Ainsi les corps simples de la chimie tendent à former des composés d'une complexité croissante, non au hasard, mais d'après un ordre stable, fixé par les lois de l'affinité chimique. Ces synthèses sont autant de buts imposés à leurs activités naturelles.

Le principe de cette finalité interne est la forme essentielle.

Lorsqu'elle confère au corps sa nature spécifique, elle lui imprime du même coup une inclination vers ses fins appropriées ; elle envahit si bien l'être corporel et ses énergies, que celles-ci en suivent fatalement la direction. C'est le secret de cette régularité et de cette spontanéité dans l'action dont

[1]) S. Thomas, *Summ. Theol.*, I, q. 77, a. 1, ad 3um. « Actio est compositi, sicut et esse : existentis enim est agere. » Cfr. 4 *Dist.* 12, a. 2, sol. 1 : « Agere non est nisi per se subsistentis, et ideo neque materia agit, neque forma, sed compositum quod tamen non agit ratione materiae sed ratione formae, quae est actus et actionis principium. »

les phénomènes chimiques nous offrent de si frappants exemples [1]).

21. Une même forme substantielle est-elle susceptible d'enrichissement ou d'amoindrissement progressif? — « Nulla forma substantialis, écrit saint Thomas, recipit magis et minus ; sed superadditio majoris perfectionis variat speciem, sicut additio unitatis facit aliam speciem in numeris » [2]). Aristote aussi compare souvent les formes essentielles aux nombres. De même, dit-il, que toute addition ou soustraction faite à un nombre donné en change l'espèce, ainsi l'ajoute d'une perfection quelconque à une forme spécifique donne un être d'une espèce nouvelle [3]).

La raison de cet adage se devine aisément. Le résultat fatal de l'actuation de la matière par le principe déterminant est une substance, un être individuel définitivement fixé dans ses notes spécifiques. Tout le contenu de ce principe étant d'ordre substantiel, il en résulte qu'il ne peut éprouver aucun changement qui n'ait son contrecoup dans l'être lui-même, dans la substance comme telle [4]).

En fait, il nous est impossible de concevoir qu'une molécule d'eau puisse être plus ou moins de l'eau. Quoiqu'on observe des différences accidentelles d'état, de limpidité, de fraîcheur entre les échantillons qui tombent sous nos yeux,

[1]) S. Thomas, *Phys.*, Lib. II, lect. 14. « Natura nihil aliud est quam ratio ejusdem artis, scilicet divinae, indita rebus, qua ipsae res moventur ad finem determinatum. » — *Quaest. disp.*, p. 12, a. 1. « Et per hunc modum omnia naturalia in ea quae eis conveniunt, sunt inclinata, habentia in seipsis aliquod inclinationis principium, ratione cujus eorum inclinatio naturalis est, ita ut quodammodo vadant et non solum ducantur in fines debitos. »

[2]) *Summ. Theol.*, P. I, q. 118, a. 2.

[3]) Aristoteles, *Metaph.*, VI, 8 ; VII, 4.

[4]) « Et propter hoc forma substantialis non recipit intensionem vel remissionem, quia dat esse substantiale, quod est uno modo ; ubi enim est aliud esse substantiale, est alia res. » S. Thomas, Quaest. disp. *De virtutibus in communi*, q. I, a. XI. — *Summ. Theol.*, P. I, q. 76, a. 4.

les individualités comme telles ou les molécules possèdent toujours la perfection totale de l'eau.

Ce principe est si vrai qu'il se vérifie pour les propriétés accidentelles, chaque fois que l'abstraction leur donne l'apparence de réalités substantielles. La blancheur, conçue comme une forme subsistante, nous paraît contenir la perfection complète de cette sorte de couleur ; elle domine toutes les nuances qui se retrouvent dans le blanc concret et se montre, dans cet état, réfractaire à tout accroissement ou à toute diminution [1]).

Malgré l'étonnante variété des principes spécifiques, chaque être de la nature reçoit donc de sa forme, dans son entièreté et sans altération possible, la perfection essentielle de son espèce.

22. Objection. — Les scolastiques étaient unanimes à admettre la divisibilité de certaines formes matérielles. Or, lorsqu'on enlève à une plante quelques rameaux que l'on convertit en boutures, n'est-il pas évident que la forme spécifique répandue jusque dans les plus petites parties de la plante-mère, subit un amoindrissement proportionnel au nombre de parties détachées ? L'espèce cependant reste la même aussi bien dans la plante que dans les boutures qui en dérivent. Que devient, dans ce cas, le privilège d'intangibilité des formes essentielles ?

Il y a lieu de distinguer dans toute forme matérielle une double intégrité : l'intégrité *essentielle* et l'intégrité *quantitative*. De la confusion de ces deux aspects est née la difficulté présente.

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De virt. in communi,* q. I, a. XI. « Et inde est etiam quod nihil quod substantialiter de altero praedicatur, etiam si sit in genere accidentis, praedicatur secundum magis et minus ; non enim dicitur albedo magis et minus color. Et propter hoc etiam qualitates in abstracto signatae, quia signantur per modum substantiae, nec intenduntur, nec remittuntur ; non enim dicitur albedo magis et minus, sed album. »

Toute forme substantielle a une perfection constitutive déterminée qu'elle communique intégralement à toutes et à chacune des parties de l'être où elle se trouve réalisée. Dans la plante, par exemple, le tronc, les rameaux, les feuilles mêmes participent, au même titre, aux caractères de l'espèce; car en chacun de ces organes vivants, se trouve au même degré, sans la moindre nuance d'intensité, la perfection essentielle du principe spécifique. La forme peut sans doute provoquer à des endroits différents de l'organisme des fonctions diverses, éveiller des activités variées, mais son caractère distinctif reste partout identique à lui-même.

De ce point de vue, la forme doit être regardée comme un tout essentiel, réfractaire au changement. La division n'altère en rien cette intégrité essentielle, puisque, après comme avant le fractionnement, la plante conserve inchangée sa perfection intrinsèque; elle n'appartient ni plus ni moins à son espèce.

Il en est autrement de l'intégrité quantitative.

Grâce à l'étendue qui dissémine l'essence corporelle dans l'espace, la forme avec la matière deviennent un tout quantitatif, riche en parties intégrantes dont le nombre varie avec la nature de la plante, son âge, les circonstances de son évolution. Sous cet aspect *quantitatif*, l'une et l'autre sont susceptibles d'accroissement et de diminution sans que l'être subisse la moindre altération dans ses notes spécifiques [1]).

23. Classification des formes substantielles. — On donne le nom de *formes matérielles* ou *purement corporelles* aux principes spécifiques qui dépendent essentiellement de la matière.

[1]) S. Thomas, *De anima*, q. I, a. 10. « Si qua igitur forma accipiatur quae dividitur per continui divisionem... non est tota in qualibet parte, sed tota in toto, et pars in parte. Si autem quaeratur de totalitate quae pertinet ad speciem, sic tota est in qualibet parte; nam aeque intensa est albedo in aliqua parte sicut in toto. Sed verum est quod adhuc secundum virtutem non est tota in qualibet parte. Non enim potest tantum in disgregando albedo quae est in parte superficiei, sicut albedo quae est in tota superficie. »

Sont dans ce cas, les formes des corps chimiques simples et composés, le principe foncier de vie de la plante et de l'animal. Pour ces formes, l'union avec le substrat matériel est une condition si indispensable d'existence, qu'elles périssent fatalement à la dissolution du corps.

Les formes, naturellement destinées à informer la matière, mais capables cependant d'exister et d'agir sans son concours, s'appellent *immatérielles* ou *subsistantes,* « formae immateriales, per se subsistentes ».

Telle est l'âme humaine. « Encore que l'âme raisonnable tienne sa subsistance d'elle-même, elle n'en est pas moins la forme substantielle du corps humain ; elle communique son propre être à la matière première de façon que, de son union intrinsèque avec celle-ci, il résulte un être subsistant complet, une substance. Mais il n'est pas essentiel à l'âme raisonnable d'être unie à la matière, attendu qu'elle a, dans son être spirituel à elle, tout ce qu'il lui faut pour subsister » [1]).

On admettait aussi dans la physique aristotélicienne des *formes transitoires* et des *formes permanentes*, « formae transeuntes, formae permanentes ».

Les formes transitoires marquent les étapes diverses que traverse un être en voie d'acquérir sa perfection définitive. Elles n'ont point pour mission d'élever la matière à un état substantiel permanent, de la fixer dans un être spécifique bien déterminé, mais de lui ménager une douce transition entre des états naturels trop distants l'un de l'autre [2]). Aussi la nature en fait-elle usage aussi bien dans sa marche ascensionnelle vers les perfections supérieures que dans sa voie régres-

[1]) Mercier, *Psychologie,* t. II, p. 290, Louvain, 1912.

[2]) S. Thomas, *Summa theol.*, 1ª P., q. 118, a. 2, ad 2. — *Summa cont. Gentes.* Lib. 2., c. 89. Quæst. disp. *De spiritualibus creaturis,* a. 3, ad 13, et *De potentia,* Quæst. 3, a. 9, ad 9. — Cfr. Suarez, *De anima,* c. 8, n. 6.

La nécessité des formes transitoires a pour cause l'incapacité dont est frappée toute forme essentielle, de subir, soit un accroissement, soit une diminution d'intensité qualitative.

sive. Cependant, c'est surtout à propos de la génération humaine que cette doctrine est le plus communément rappelée chez les auteurs du moyen âge [1]).

D'après saint Thomas, par exemple, le fœtus parcourt plusieurs étapes avant de devenir un être humain. Enrichi par des formes transitoires qui se succèdent en lui à mesure que la matière revêt des dispositions plus parfaites, il traverse les degrés inférieurs de la vie. Végétatif d'abord, il devient ensuite sensitif, jusqu'à ce qu'enfin l'infusion d'une âme raisonnable par Dieu l'élève à la dignité humaine [2]).

Les formes permanentes, au contraire, déterminent les espèces qui existent dans la nature d'une manière stable et permanente : tels, les substances variées du monde inorganique, les plantes, les animaux.

24. **Peut-il y avoir plusieurs formes substantielles dans un même être ?** — Selon l'opinion de saint Thomas, partagée d'ailleurs par la plupart des scolastiques postérieurs au XIIIe siècle, une seule forme essentielle fixe l'être dans sa spécificité et sa subsistance. Les raisons qu'il en donne paraissent décisives.

1° Pas d'intermédiaire, dit-il, entre les formes substantielles et les déterminations accidentelles.

S'il est de l'essence de celles-ci de donner au corps déjà constitué dans sa nature intime un perfectionnement secondaire, il est de l'essence des autres de lui conférer sa perfection fondamentale, d'en faire une substance complète, un corps naturel. Tout principe spécifique est indigne de ce nom s'il n'aboutit point à ce résultat. Dès lors, tout ce qui vient s'ajouter à l'être, après une première information, reste

[1]) De Wulf, *Les philosophes belges*, tome I : Le traité *de unitate formae* de Gilles de Lessines, p. 57, Louvain, 1901.

[2]) S. Thomas, Quæst. disp. *De potentia*, q. III, a. 9, ad 9um.

forcément étranger à son essence et ne lui apporte plus qu'une perfection accidentelle [1]).

2° En second lieu, cette pluralité de formes briserait l'unité interne de l'être.

En conférant l'être substantiel, la forme communique du même coup l'unité essentielle, car l'être substantiel est nécessairement un [2]). Dans l'hypothèse où plusieurs formes investiraient simultanément un même sujet matériel, celui-ci appartiendrait à plusieurs corps distincts, voire même à plusieurs espèces si les formes sont de nature différente.

3° Enfin, à ces raisons les scolastiques en ajoutaient une autre dont nous aurons plus tard l'occasion d'apprécier le bien fondé.

Dans les transformations profondes de la matière, la nature ne procède jamais par sauts brusques ou par caprices. La forme naît là seulement où elle est exigée par les dispositions du sujet destiné à la recevoir. C'est même cette adaptation parfaite qui rend l'union naturelle. L'hydrogène et l'oxygène, par exemple, ne se dépouillent pas subitement de leurs formes respectives pour se revêtir d'emblée de la forme commune de l'eau. L'acte définitif de la combinaison est toujours précédé d'une réaction intense qui a pour effet de mettre les propriétés des substances réagissantes en harmonie complète avec les exigences de la forme nouvelle.

Supposez maintenant que deux ou trois formes essentielles viennent actualiser le même sujet matériel. Puisque chacune

1) S. Thomas, *De potentia*, q. III, a. 9, ad 9um, a. 3. « Cum forma substantialis faciat esse non solum secundum quid, sed simpliciter, et constituat hoc aliquid in genere substantiae, si prima forma hoc facit, secunda adveniens, inveniens subjectum jam in esse substantiali constitutum, accidentaliter ei adveniet. »

2) S. Thomas, *Summ. Theol.*, I, q. 76, a. 3. « Nihil enim est simpliciter unum nisi per formam unam, per quam habet res esse ; ab eodem enim habet res quod sit ens, et quod sit una. »

d'elles a ses exigences propres et spécifiques, il y aura dans le même corps et simultanément deux ou trois adaptations diverses et contraires ; conséquence évidemment insoutenable [1]).

Pour éluder ces conclusions, les partisans du pluralisme des formes ont émis certaines hypothèses qu'il nous faut examiner.

25. **Première hypothèse pluraliste.** — On comprend que la présence dans la même matière de plusieurs principes spécifiques, indépendants les uns des autres, multiplie la substance, détruit son unité. Mais cette conséquence n'est-elle pas évitée dès qu'on accorde à l'un de ces principes une dépendance intrinsèque vis-à-vis de l'autre ?

Dans cette hypothèse, aucune forme ne détermine à elle seule l'être complet : la première, en s'unissant directement à la matière première, lui confère un commencement d'actualité ; la seconde lui communique la dernière empreinte, la perfection définitive dont elle a besoin pour exister.

Tous les êtres de la nature sensible, à quelque degré qu'ils prennent place dans l'échelle hiérarchique, ne se ressemblent-ils pas par un état fondamental, l'état corporel, en vertu duquel ils sont quantifiés et répandus dans l'espace ? Il semble donc logique d'attribuer cet état à une détermination initiale de la matière par une forme rudimentaire, la plus imparfaite, *forma corporeitatis*.

[1]) S. Thomas, opusc. *De pluralitate formarum*, P. I. « Quia diversae formae ejusdem generis requirunt diversas dispositiones, per quas receptivum eis approprietur. Et licet in via generationis una disponat introductionem alterius, tamen in via essendi dispositio propria unius repugnat alteri : si enim dispositio unius staret cum dispositione alterius, jam esset communis dispositio, et nullius propria. Forma autem non est in materia nisi sit disposita et propria... » « Per hoc ergo distinguitur ab ea, quod forma perfectior aliquid ponit in subjecto, cujus privationem ponit imperfectior. Cum ergo impossibile sit aliquod subjectum simul habere in se aliquid positivum et privationem ejusdem, impossibile est ergo quod forma perfectior et imperfectior ejusdem generis sint in eodem subjecto. »

D'autre part, puisque la nature ne nous offre point d'être qui soit simplement corps et n'appartienne à aucune espèce déterminée, il est clair que la *forma corporeitatis*, incapable de combler la potentialité de la matière, appelle comme condition d'existence une forme complétive supérieure.

Telle fut la doctrine assez communément reçue dans l'ancienne école scolastique. On la retrouve notamment dans les œuvres d'Alexandre de Halès, de Pierre de Tarentaise, Robert Kilwardby, Duns Scot [1]), saint Bonaventure.

A première vue, cette théorie pluraliste présente avec les faits une harmonie apparente qui nous explique l'enthousiasme avec lequel elle fut défendue durant la première partie du XIII[e] siècle.

Échappe-t-elle aux critiques qu'a soulevées contre elle son irréductible antagoniste, saint Thomas d'Aquin ?

D'abord, n'est-ce pas priver la forme substantielle d'un caractère fondamental que de lui enlever le pouvoir de constituer un corps apte à subsister ? Y a-t-il un terme intermédiaire possible entre la forme qui donne l'être et celle qui ne le donne point ? Nous n'en voyons pas.

De plus, la corporéité, caractérisée par l'absence complète de toute note spécifique quelconque, est pour nous un état d'information réellement inintelligible. Une forme concrète, fût-elle même subordonnée à d'autres principes supérieurs, détermine toujours un état substantiel concret. Or la corporéité pure est un produit d'abstraction qui se refuse comme tel à toute concrétisation. Elle ne se distingue pas en fait de la nature spécifique. Sinon, nous devrions admettre dans tout être autant de réalités substantielles distinctes qu'il comporte

[1]) Pour Duns Scot, la *forma corporeitatis*, donne l'être corporel « esse corporeum » et cette forme persiste même après l'infusion de l'âme humaine. La matière séminale se trouve préparée à la réception de l'âme par une série de formes transitoires, sans passer cependant, comme le croyait saint Thomas, par les stades de vie végétative et de vie animale. Cfr. Oxon. D. 15. n. 9.

de degrés métaphysiques. Que deviendrait alors l'unité, propriété inaliénable de toute substance individualisée ?

Ensuite, d'après cette opinion, les formes subordonnées jouent le rôle de puissances réceptives vis-à-vis des formes complétives. Mais des principes essentiellement déterminants s'accommodent-ils de ce genre de passivité ? Si la matière représente la potentialité pure dans le genre de la substance, la forme qui lui correspond doit être aussi, semble-t-il, dans le même genre, un principe d'actualité sans mélange. Soumettre certaines formes à des actuations progressives, revient à introduire, jusque dans leur essence même, une réceptivité dont elles sont incapables à l'égard de perfections congénères [1]).

Au reste, qui ne voit l'inutilité de cette multitude de principes déterminants ?

Aussi longtemps qu'il s'agit de formes corporelles intrinsèquement dépendantes de la matière et partant soumises à ses imperfections relatives, pourquoi donc un principe spécifique plus parfait ne pourrait-il pas donner au corps, outre sa perfection distinctive, l'ensemble des déterminations propres aux principes inférieurs ? On ne découvre aucune raison sérieuse de le nier [2]).

26. Deuxième hypothèse. Formes latentes. — Désireux de rendre compte des processus chimiques de la

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De spiritualibus creaturis*, a. 3. « Nec hoc excluditur per hoc quod quidam dicunt, quod prima forma est in potentia ad secundam ; quia omne subjectum comparatur ad suum accidens ut potentia ad actum. »

[2]) S. Thomas. « Quod enim in rebus naturalibus ad altiorem gradum perfectionis attingit, per suam formam habet quidquid perfectionis convenit inferiori naturae et per eamdem habet id quod eidem de perfectione superadditur. »

« Forma enim est similitudo agentis in materia. In virtutibus autem activis et operativis hoc invenitur quod quanto aliqua virtus est altior, tanto in se plura comprehendit, non composite sed unite... Perfectioris agentis est inducere perfectiorem formam : unde perfectior forma facit per unum omnia quae inferiores faciunt per diversa et adhuc amplius. » *De spiritualibus creaturis*, a. 3.

matière, quelques scolastiques ont inventé une seconde théorie, apparentée d'ailleurs avec la précédente, mais d'apparence plus spécieuse : celle des *formes latentes*.

Cachées dans les profondeurs de la matière, ces formes n'y existent qu'en germe lorsque la forme dominante et spécifique suffit à donner au corps la nature substantielle qui lui convient. Mais l'influence des forces dissolvantes vient-elle à s'exercer sur le corps où elles se trouvent dans une sorte d'état léthargique, elles sortent de leur torpeur passagère, se développent graduellement, acquièrent enfin l'empire des activités caractéristiques du nouvel être corporel. Ainsi s'expliquent aisément la dissolution des composés chimiques et la mise en liberté de leurs éléments générateurs. Les principes spécifiques des composants, temporairement supplantés par la forme du composé, ont simplement évolué et repris leurs droits primitifs.

Nous aurons plus tard l'occasion de montrer combien cette hypothèse est inutile pour l'explication des faits.

A ce moment, qu'il nous suffise d'en contrôler la valeur doctrinale.

Quel sens, d'abord, attribuer à ce mot *formes latentes ?*

Ces formes sont-elles réellement unies à leur sujet matériel ? Alors, elles lui confèrent de toute nécessité la plénitude de la détermination dont elles sont capables, ainsi que l'ensemble des propriétés accidentelles, inhérentes à tout corps dûment constitué. Car pour les formes, il n'y a de causalité possible que la communication intégrale d'elles-mêmes à la matière. Elles cessent donc d'être latentes pour devenir tout à fait actuelles, et nous revenons à la théorie de la pluralité des formes dans un même être.

Soutient-on que cette communication n'a pas lieu ? Alors, elles n'existent d'aucune manière, pas même à l'état latent, puisque l'union intime avec la matière leur est une condition d'existence.

En attendant leur plein épanouissement, elles se trouvent, il est vrai, dans une phase presque embryonnaire. Mais cette

évolution progressive à laquelle on les destine est une hypothèse plus erronée que la première. Nous l'avons établi plus haut, aucune forme essentielle n'est susceptible d'enrichissement graduel [1]).

27. **Troisième hypothèse.** — A cette hypothèse des formes latentes, se rattache une opinion professée par plusieurs scolastiques modernes.

D'après cette conception nouvelle, il faudrait distinguer dans toute forme élémentaire, la *réalité* de la forme, de son *rôle informatif*. Dans un composé doué d'unité essentielle, la réalité de la forme élémentaire persiste, mais la fonction de

[1]) L'opinion d'Albert le Grand mérite une attention spéciale. Tout élément, dit-il, possède une double forme : l'une lui confère l'être substantiel élémentaire ; l'autre lui communique en plus l'action. La première persiste au sein du composé ; la seconde y reste seulement en puissance. « Elementorum formae dupliciter sunt : scilicet primae et secundae. Primae quidem sunt, a quibus est esse elementi substantiale sine contrarietate, et secundae sunt, a quibus est esse elementi et actio. Et quoad primas formas, salvantur meo judicio in composito, quia aliter compositum non resolveretur in elementa, et aliter miscibilia non essent separabilia a mixto, cum constet esse separabilia. Et quoad secundum esse non remanent in actu sed in potentia... sicut intensum est potentialiter in remisso. » *De coelo et mundo,* Lib. 3, tract. 2, c. 1.

Doit-on voir dans ce texte une expression originale de la théorie des formes latentes ? Il est assez malaisé de le dire. D'une part, en effet, il semble bien que dans tout composé se trouve une pluralité de formes actuelles et distinctes, supplantées par la forme nouvelle du mixte inorganique. Or, ainsi entendue, la théorie albertine trouverait mieux sa place parmi les théories que nous avons rangées sous la première hypothèse.

D'autre part, Albert le Grand se déclare partisan de l'enrichissement progressif et intensif des formes substantielles inférieures, et se rapproche ainsi visiblement de la théorie des formes latentes. « Hoc autem quod dicitur, quod formae substantiales non intenduntur nec remittuntur, est aliquo modo verum, et aliquo modo falsum ; formae enim, quae sunt perfectiones ultimae, jam in natura non intenduntur nec remittuntur, et ideo etiam non commiscentur ; talem autem formam non habet elementum, secundum quod est elementum, cum elementum definiatur ad compositionem... sed potius nominat formam materialem et imperfectam, et ideo

la forme ou le rôle informatif cesse sous l'empire de la forme nouvelle du composé.

Grâce à cette distinction, dit-on, l'hypothèse d'une pluralité de formes se concilie sans peine avec l'unité de l'être.

Nous discuterons cette opinion plus tard, à l'occasion du mixte inorganique.

28. Les formes essentielles sont-elles divisibles ? Sens de cette question. — A parler rigoureusement, ni la matière ni la forme ne peuvent être, comme telles, le sujet immédiat d'un fractionnement, pour la raison bien simple qu'aucune de ces réalités n'est douée d'existence propre [1]). Seule, la substance matérielle ou le corps possède cette subsistance indépendante. Elle seule aussi peut se prêter directement au morcellement de sa masse. Néanmoins il est légitime de se demander si la division d'un corps entraîne indirectement avec elle le partage de la forme dont il est investi, et c'est en ce sens que nous entendons le problème soulevé.

29. Opinion de saint Thomas sur la divisibilité des formes. — La divisibilité des formes corporelles est un fait généralement admis par les tenants de la théorie scolastique. On l'étendait même à tous les êtres, à l'exception des

est remissibilis et commiscibilis forma sua. » *De coelo et mundo*, Lib. 3, tract. 2, c. 8.

Néanmoins, à s'en tenir au passage cité plus haut où l'auteur énonce clairement sa thèse, il paraît certain que l'accroissement graduel des formes dont il est ici question doit se prendre dans un sens spécial. Pour Albert le Grand les formes inférieures s'enrichissent, non point par des ajoutes successives de nouveaux degrés de perfection, mais bien par des formes complétives substantielles.

[1]) S. THOMAS, opusc. *De natura materiae*, c. 5 : « Materia autem et forma non habent partes per se, sed tantum per accidens : unde non dividitur nisi per accidens, ad divisionem scilicet totius. »

animaux supérieurs [1]). Telle est aussi l'opinion défendue par saint Thomas en maints endroits de ses ouvrages.

Dans les minéraux, dit-il, dans les plantes et les animaux inférieurs, le principe déterminant, plongé tout entier dans la matière, participe lui-même à l'étendue du corps. Il se laisse diviser, et les parties mises en liberté deviennent indépendantes, en conservant la perfection constitutive de l'espèce. Ainsi, lorsqu'on sectionne un annelé en plusieurs tronçons, on remarque que chacun d'eux continue à vivre et peut même reconstituer un animal complet. La raison spéciale de ce dernier fait se trouve dans l'imperfection et le petit nombre d'organes nécessaires à la vie individuelle. Chaque fragment contient en effet, à l'état plus ou moins rudimentaire, l'organisme entier.

Mais il en est autrement des animaux supérieurs, où une division du travail beaucoup plus avancée requiert un système d'organes plus varié et plus complexe. Dans ces êtres, la vie qui résulte du concours harmonieux de l'ensemble ne peut se maintenir et se condenser dans aucune partie isolée, fût-elle même considérable [2]).

[1]) Nous écartons de cette discussion l'âme humaine. Bien que cette forme essentielle soit naturellement destinée à s'unir à la matière et à constituer avec elle l'être humain, elle est cependant immatérielle, c'est-à-dire capable d'exister et d'agir sans le concours intrinsèque de la matière. D'évidence, cette espèce de formes se montre réfractaire à toute division.

[2]) S. Thomas, *De anima,* q. I, a. 10, in corpore ; etiam ad 15um. — *De natura materiae,* c. IX. « Unitas continuitatis in re reperta maxime potentialis invenitur, quia omne continuum est unum actu et multiplex in potentia... unde in divisione lineae non inducitur aliquid novi in ipsis divisis, sed eadem essentia lineae quae prius erat actu una, et multiplex in potentia, per divisionem facta est multa in actu... Consimile penitus reperitur in lapide, et in igne, et in omnibus corruptibilibus et generabilibus inanimatis : forma enim totius in eis, per quam habent quamdam unitatem suae naturae super unitatem quantitatis, secundum totam rationem formae est in qualibet parte talium rerum. Unde facta divisione manet essentia ejusdem formae in partibus ab invicem divisis : quaelibet enim pars ignis est ignis, et quaelibet pars lapidis est lapis... Super haec autem sunt animata imper-

Ces vues du philosophe médiéval, en concordance parfaite avec les données scientifiques de son temps, appellent, à l'heure présente, quelques correctifs. Pour procéder avec ordre dans cet examen critique, nous passerons successivement en revue les trois règnes de la nature.

30. Divisibilité des formes dans le monde inorganique. — A l'époque où saint Thomas écrivait ces lignes, on regardait généralement, comme êtres doués d'unité essentielle, les corps simples et composés qui tombent sous les prises de l'expérience sensible. Quelle que soit leur masse ou leur étendue, un barreau de fer, une pierre, un bloc de marbre forment de vraies individualités, pourvu qu'on leur conserve l'extension continue.

Avec de telles idées sur la constitution chimique de la matière, les scolastiques n'avaient aucune peine à admettre la divisibilité des formes minérales et la persistance de l'espèce dans les moindres parties de la division. Les plus petites parcelles de marbre, qui tombent sous le burin de l'artiste, ne sont-elles pas d'une nature identique à celle du bloc informe qui va se transformer en statue ? L'acier en lame que le marteau du forgeron brise en menus fragments, ne garde-t-il pas sa nature à travers son émiettement ? Avant la division, chacune de ces masses matérielles ne constituait qu'un seul

fecta, ut plantae, et quaedam animalia imperfecta, ut sunt animalia annulosa ; et in ipsis idem invenitur : quia cum evellitur ramus ab arbore, non advenit nova essentia vegetabilis sed eadem essentia vegetabilis quae una erat in arbore tota, etiam actu uno, simul erat multiplex in potentia, et per divisionem novum esse perdit, et actus alius secutus est.. Similiter est in animalibus annulosis una anima in actu et unum esse, sed multiplex in potentia accidentali... et hoc totum contingit propter imperfectionem talium formarum : quia cum sint sub uno actu, simul sunt sub potentia multiplici respectu esse diversorum quae acquiruntur eis sine aliqua corruptione in suis essentiis sed sola divisione. In animalibus vero perfectis, praecipue in homine, forma quae est una in actu, non est multiplex in potentia, ut per divisionem constituatur eadem essentia formae sub diversis esse. »

corps actualisé par une seule forme essentielle. Après la division, toutes les parties subsistent pour leur propre compte sans que l'espèce ait été modifiée. Comment douter que le principe spécifique ait subi toutes les divisions dont le corps fut le sujet ?

Les progrès de la chimie ont modifié considérablement cette ancienne conception des scolastiques. La théorie atomique, qui occupe une si large place dans les sciences modernes et dont le crédit s'accroît encore tous les jours, éclaire d'une lumière nouvelle la constitution chimique de la matière. Pour le chimiste, l'individualité n'appartient plus qu'à des particules infinitésimales, trop ténues même pour être l'objet d'une observation directe. L'atome dans les corps simples, la molécule dans les corps composés sont autant d'êtres individuels capables d'exister et d'agir isolément. Aussi tout corps perceptible, un grain de sable, une paillette d'or, la limaille de fer, est un agrégat plus ou moins intime d'une multitude innombrable d'individualités atomiques ou moléculaires.

En présence de ces données nouvelles, le problème de la divisibilité des formes matérielles se trouve du même coup déplacé. Il revient à se demander si la forme de ces unités premières, *atomes* et *molécules,* est susceptible de division, et, dans l'affirmative, si elle conserve son identité spécifique dans les produits du fractionnement.

Or, sur ce terrain, le langage des faits paraît décisif.

L'*atome,* comme l'indique d'ailleurs son nom, résiste à toutes les forces chimiques désagrégeantes de la nature. Dernier degré d'atténuation de la matière, il a un poids spécifique et une masse inaltérable qu'on retrouve intacts au sein du composé. Sans doute, du point de vue théorique, la forme essentielle répandue dans l'atome, constituée partant de parties quantitatives, réunit les conditions exigées par la divisibilité ; mais nos énergies chimiques actuelles sont impuissantes à triompher de sa résistance passive.

Bien plus, si l'intégrité atomique venait à céder à des forces dissolvantes supérieures — ce qui d'ailleurs paraît très probable [1]) — l'atome changerait de nature en vertu de cette loi universelle de chimie : que tout changement dans la quantité de matière d'un corps entraîne avec lui un changement d'espèce. Dans cette hypothèse, peut-être réalisée, la forme atomique ne survivrait pas au fractionnement, et les fragments du corps divisé seraient investis d'un principe spécifique nouveau.

Quant à la *molécule du composé*, la division est évidemment possible; mais, dans aucun cas, la forme ne persiste dans les parties isolées de l'édifice moléculaire. Elle disparaît et se voit remplacée par des formes élémentaires ou la forme nouvelle d'un composé plus complexe. C'est un fait d'expérience qui résulte lui-même de l'indivisibilité chimique des atomes. Puisque la masse atomique persiste inchangée à travers les métamorphoses *chimiques* de la matière, la moindre quantité de matière qu'il soit possible d'enlever à une molécule est toujours équivalente à l'atome. Or, des centaines d'expériences le prouvent, la nature d'un corps dépend non seulement de la nature des éléments associés, mais du nombre d'atomes qui les représentent.

Toute division moléculaire détermine donc fatalement un changement d'espèce.

31. Divisibilité des formes dans le règne végétal. — La divisibilité du végétal est aussi un fait hors de toute conteste.

Chacun sait qu'il est souvent très facile de multiplier une espèce soit par bouture, soit par greffe, marcotte ou écusson. Les individus nouveaux obtenus de la sorte, présentent fidèlement les caractères de la plante-mère; ils en continuent le

[1]) Cfr. D. Nys, *Cosmologie*. Tome I. *La constitution physique de la matière d'après les physiciens modernes.*

cycle vital, subissent la même évolution, sans qu'aucun changement appréciable ait marqué leur passage de la vie commune à la vie individuelle.

On est ainsi fondé à croire que dans cet acte de séparation, le principe spécifique, uniformément étendu dans la plante-mère, n'a point disparu dans les parties détachées pour faire place à un principe nouveau de même nature. Il fut simplement partagé en fragments, dont chacun garde, mais avec une indépendance complète, l'être qu'il avait tantôt en partage avec les autres parties congénères.

On aurait tort de s'imaginer qu'avant la division du végétal, le greffon ou le rameau destinés à la multiplication du type spécifique jouissent déjà d'une existence propre. La subordination constante et le concours harmonieux de toutes les activités à un même but, à savoir la conservation et le développement de la plante, prouvent assez l'unité de l'être qui en est le théâtre. Toutes les parties y sont donc intimement unies entre elles et vivifiées par une seule et même forme. Mais comme le principe de vie végétative communique à toutes et à chacune d'elles la même perfection essentielle, on comprend qu'il suffit d'une simple division pour en assurer l'existence individuelle.

Est-ce à dire que cette divisibilité n'a point de limites ?

On peut sans doute l'étendre très loin sans préjudice de la forme essentielle. Rien ne nous autorise, par exemple, à nier l'existence de la vie dans une feuille, un lambeau d'écorce, une racine fraîchement détachée de la plante. Si l'on a soin de maintenir ces tissus dans un milieu convenable, ne constate-t-on pas en effet que le fonctionnement régulier des cellules, la circulation d'une sève appropriée et la fonction chlorophyllienne des parties vertes s'y manifestent encore pendant un certain temps ? Toutefois, dans la plupart des espèces, ces organes se montrent incapables de reproduire un individu complet et sont voués à une mort prochaine.

La raison de ce fait se laisse aisément soupçonner. Encore

que le principe vital imprègne au même degré l'être tout entier, il n'y exerce point partout les mêmes fonctions. Il y fait éclore, au contraire, des activités multiples qui nécessitent un ensemble d'organes spéciaux. Si donc les fragments isolés ne les possèdent pas en germe, l'évolution normale de l'espèce devient impossible et ils perdent sans retour le pouvoir de reconstituer le type primitif.

Comme le dit saint Thomas, la forme du végétal est une en acte et à la fois multiple en puissance [1]).

En cette matière, la théorie cosmologique du moyen âge est en harmonie parfaite avec les données de la botanique moderne.

32. Divisibilité des formes dans le règne animal.

1° Dans les animaux inférieurs. — Les considérations que nous suggère l'étude des plantes s'appliquent en tous points aux animaux inférieurs.

Chez eux aussi le principe de vie se prête à la division. Les expériences de Tremblay sont restées célèbres. En coupant en quatre parties le tronc d'une hydre, ce savant a obtenu quatre hydres vivantes dont chacune a reproduit patiemment le type régulier de l'espèce. Dans l'actinie et l'anémone de mer, la puissance régénératrice est encore plus intense : toute portion de la paroi du corps qui comprend les trois feuillets, reforme un animal tout entier. Les vers du groupe des Planaires ont une extrémité appelée « tête » et une autre appelée « queue » ; si on les coupe par le milieu, la tête régénère une queue et la queue une tête ; il se produit deux planaires vivantes analogues à la première [2]). Enfin, la multiplication du ver de terre par simple division servait déjà d'exemple classique au temps de saint Thomas.

1) S. Thomas, *De natura materiae*, c. 9.
2) Le Dantec, *La définition de l'individu (Revue philosophique*, janvier 1901), p. 18.

Or, dans tous ces cas où l'identité de nature de la souche vivante et des êtres qui en dérivent se révèle avec les clartés de l'évidence, il serait arbitraire de supposer qu'à l'unique principe de vie disparu, se sont substitués autant de principes nouveaux qu'il y a de nouvelles individualités de même origine. La forme, ici, a simplement suivi les destinées de la matière. Elle fut fractionnée en parties, dont chacune a continué pour son propre compte, en union avec son sujet matériel, la vie qui appartenait d'une manière indivise à l'être intégral.

2° **Dans les animaux supérieurs.** — Mais faut-il, avec l'illustre penseur du moyen âge, restreindre la divisibilité des formes aux rangs inférieurs du règne animal, attribuer sans réserve, comme l'ont fait plusieurs scolastiques d'époque plus récente, un caractère de simplicité aux formes plus élevées ? Tel n'est pas notre avis.

En somme, quelle est la raison foncière de la divisibilité des formes corporelles ? Leur dépendance intrinsèque à l'égard de la matière. Parce que rivés à ce substrat et astreints à y prendre leur point d'appui sous peine de déchoir de l'existence, les principes déterminants participent de toute nécessité aux imperfections naturelles des corps ; ils sont avec la matière le sujet immédiat de l'étendue, car le mode de présence dans l'espace est toujours fonction du mode d'existence. Quelle que soit donc leur perfection relative, ils constituent par leur union avec leurs bases matérielles, un tout quantitatif dont la divisibilité devient une propriété essentielle.

Or cette dépendance fondamentale, d'où dérive en dernière analyse la possibilité du fractionnement, n'entache t-elle pas aussi le principe de vie des animaux supérieurs ? Sans aucun doute. Pour eux, comme aux degrés les plus infimes du règne animal, l'adhésion à la matière est une condition essentielle d'existence. Il faut par conséquent en conclure que, malgré

leur supériorité incontestable, ils restent, au même titre que les autres, susceptibles de division [1]).

Il est vrai qu'à cet étage élevé de la vie, les parties isolées de l'individu perdent la faculté de reconstituer le type normal de l'espèce. S'ensuit-il qu'à l'instant même de la division, le principe de vie qui les anime disparaisse sans retour ? Pas davantage. Certaines expériences récentes, les greffes animales même, nous fournissent à ce sujet de précieuses indications.

Voici, entre beaucoup d'autres, un cas qui ne manque pas d'intérêt.

Après avoir enlevé avec précaution le cœur d'une grenouille vivante, on le place dans les conditions de température et de milieu qui rappellent autant que possible celles du milieu naturel. En même temps, à l'aide d'un mécanisme d'ailleurs très simple, on lui procure le sang oxygéné dont il a besoin pour sa propre subsistance. Qu'arrive-t-il ? Ce cœur conserve ses mouvements automatiques, se nourrit et continue à battre régulièrement. Dans les expériences nombreuses faites surtout

[1]) La raison qu'apporte saint Thomas pour justifier l'indivisibilité de l'âme humaine informant un corps étendu, semble être un argument péremptoire en faveur de notre thèse.

« Quia cum dividi non possit nisi quod est actu quantum, quantitas autem in homine non est actu per formam respectu cujus sequatur materiam ut rediens super formam, sed per solam animam, a qua est totus actus qui est in homine : in igne vero et lapide quantitas est actu per formam, quam ipsa quantitas sequitur in materia, inde est, quod divisio in homine est in quantitate actu per animam ; sed quod efficitur per divisionem in esse acquisito, non est aliquid de essentia animae secundum aliquid esse, sed est aliquid de essentia formae originalis ipsius quantitatis, cui datur esse per divisionem. » *De natura materiae*, c. 9.

Malgré sa présence, dit-il, dans toutes les parties du corps étendu, l'âme humaine échappe à la division, car la quantité qui suit fatalement l'état corporel ne s'étend pas à l'âme comme telle et partant ne lui communique point ses parties intégrantes, bien que l'âme soit le principe de son actualité.

Or, si c'est un privilège des formes spirituelles de ne point ressentir en elles le contrecoup de l'étendue, toutes les autres formes matérielles sans exception doivent, semble-t-il, en subir l'influence et constituer avec leur sujet des essences quantitatives.

par Paul Bert, il s'est trouvé des cœurs qui ont rempli fidèlement leurs fonctions pendant plus de onze jours.

Récemment, on est même parvenu à conserver en vie pendant plus d'un mois des tissus excisés [1]).

Tel est le fait. Quelle en est l'explication ?

Dira-t-on que le principe de vie qui animait cet organe et les autres parties de l'animal a péri, et qu'une forme nouvelle, transitoire, destinée à maintenir temporairement l'unité organique, lui fut substituée dans la partie enlevée, au moment de la mutilation ?

Bien qu'admissible, cette hypothèse ne s'impose pas. La continuité des mouvements, la persistance du phénomène de nutrition et la fonction spécifique qui se manifestent dans ce cœur isolé, ne nous donnent aucun indice du passage subit d'un état substantiel à un autre état substantiel spécifiquement distinct du premier.

Bien plus, les mouvements automatiques dont cet organe est le siège relèvent, en partie du moins, de certains centres nerveux logés dans l'épaisseur de ses parois. Or l'activité nerveuse, de l'avis de tous les physiologistes, n'est-elle pas une des manifestations les plus caractéristiques de la vie animale ? Dans toute hypothèse, il faut y reconnaitre l'existence d'un principe de vie. Dès lors, nous ne voyons aucune difficulté à concevoir que dans un organe aussi important qu'est le cœur, la forme fractionnée puisse persister avec la fonction spéciale qu'elle y faisait éclore.

Elle fut, il est vrai, considérablement atteinte dans son intégrité quantitative et, par suite, l'être nouveau se trouve

[1]) Voir de nombreux cas intéressants de survie dans : *Revue scientifique*, juillet 1913. — *Presse médicale*, Paris, 1er janvier 1913. —Voir aussi : ARTHUS, *Précis de chimie physiologique*, p. 378. Paris, 1913. Il est clair que lorsqu'il s'agit de l'homme, les cas de survie des tissus excisés ne peuvent s'expliquer par une division de l'âme raisonnable ; il faut de toute nécessité, pour en rendre compte, supposer l'apparition d'une forme transitoire, animale ou végétative d'après la nature des phénomènes observés.

privé de toute une série d'activités fonctionnelles indispensables à une vie normale. Mais si certains procédés mécaniques suppléent au concours des organes disparus, pourquoi cet individu mutilé serait-il subitement dépouillé de son ancienne forme essentielle ?

On objecte encore que la faculté de régénérer les autres membres, de refaire un animal complet, lui est à tout jamais enlevée.

Nous en convenons volontiers, sans voir dans cette incapacité un obstacle réel à la persistance du principe de vie. Le même phénomène se présente en effet dans les plantes. Chez beaucoup d'espèces, les feuilles, les lambeaux d'écorce, de frêles rameaux peuvent végéter longtemps dans un milieu approprié, après leur séparation de la plante-mère, bien que ces parties aient perdu définitivement la faculté régénératrice. Qui oserait cependant nier le caractère vital de leurs activités internes ?

On nous dira peut-être que l'existence de ces organes isolés, qu'ils appartiennent aux végétaux ou aux animaux supérieurs, est essentiellement anormale, et que, si on la maintient pendant une durée relativement courte, c'est au prix d'artifices ou de soins nombreux.

Nous sommes loin de nier le fait. Dans les conditions ordinaires de la vie, la mort suit de très près l'état d'isolement. Le cœur de la grenouille, par exemple, malgré tous les soins dont on l'entoure, finit toujours par succomber aux ravages d'une intoxication progressive. Cependant, aucune de ces suites naturelles d'un état violent ne nous prouve qu'une forme transitoire, spécifiquement distincte de la forme intégrale, a marqué le passage de la vie solidaire à la vie individuelle.

Au surplus, dans les expériences de vivisection, combien souvent n'a-t-on pas remarqué des signes évidents d'activité sensible, même consciente, chez des animaux auxquels on venait d'enlever un ou plusieurs organes indispensables au cycle régulier des fonctions vitales ? Eh bien ! si dans l'ani-

mal ainsi mutilé, et voué fatalement à une mort très prochaine, la suppression de ces fonctions n'entraine pas la disparition immédiate du principe de vie, pourquoi les parties isolées ne seraient-elles pas soumises à la même règle ?

De part et d'autre, se rencontrent le même défaut d'intégrité organique et fonctionnelle, l'absence des mêmes conditions de la vie ordinaire.

L'opinion qui attribue la simplicité à l'âme des animaux supérieurs nous paraît donc inconciliable avec les faits.

Aussi le philosophe médiéval n'en fut jamais, croyons nous, partisan. Lorsqu'il soustrait à la loi commune les formes essentielles de ces êtres, ce n'est point qu'il en méconnaisse l'état quantitatif ou la composition en parties intégrantes. Dans aucun texte nous ne trouvons formulé ce caractère de simplicité qu'ont cru y découvrir certains scolastiques modernes. S'il en nie la divisibilité, c'est uniquement parce qu'il croyait les parties isolées incapables de survie.

De ce point de vue, la théorie thomiste mérite encore à l'heure présente un sérieux examen. Toutefois, l'expérience semble nous inviter à étendre la loi du fractionnement à tous les principes de vie du règne animal.

33. **Résumé de cette étude.** — En résumé, le problème de la divisibilité des formes soulève trois questions : 1° La forme essentielle est-elle composée de parties intégrantes qui la rendent intrinsèquement divisible? 2° Les parties persistent-elles après la division; conservent-elles la nature de l'être dont elles proviennent? 3° Peuvent-elles reconstituer un être complet?

L'expérience nous permet de répondre comme suit à chacune de ces questions :

1° Toutes les formes corporelles sont constituées de parties quantitatives et sont aussi partant susceptibles de division.

Cette aptitude leur vient d'une imperfection commune, du lien de dépendance essentielle qui les rive à leur substrat matériel. Parce qu'essentiellement dépendantes de la matière, elles sont nécessairement soumises aux déterminations accidentelles qui caractérisent en tout premier lieu l'état matériel, savoir la quantité et l'étendue.

2° Les formes minérales périssent par le fait du fractionnement; les formes végétales et animales peuvent persister, au moins en certains cas, dans les produits de la division.

3° Chez les végétaux et animaux inférieurs, certaines parties isolées conservent l'aptitude de reconstituer le type normal de l'espèce. Cette faculté régénératrice disparaît chez les animaux supérieurs.

34. **Solution d'une difficulté.** — Au premier aspect, cette diversité d'allures étonne et paraît même assez peu en harmonie avec certains principes généraux de la physique scolastique. Ne devrait-on pas s'attendre à ce que les formes des corps chimiques, les plus imparfaites de toutes, fussent aussi les plus facilement divisibles, les moins exigeantes de leur intégrité native? C'est cependant le contraire qui se vérifie.

Voici la raison de cette apparente anomalie.

Dans le monde inorganique, si grande est l'imperfection des formes essentielles qu'elles se trouvent non seulement plongées dans la matière, mais dépendantes d'une *quantité déterminée* de matière pour naître et exister. Les poids atomiques, 16 de l'oxygène, 32 du soufre, 35,5 du chlore sont autant de masses matérielles nécessaires à l'existence de ces corps. Ici l'assujettissement de la forme à son substrat est aussi profond que possible; l'impossibilité physique de la fractionner sans la détruire nous en fournit une preuve frappante.

A mesure qu'on s'élève dans l'échelle des espèces, la subor-

dination des formes à la *quantité* de matière diminue progressivement. Chez le végétal et l'animal, la base matérielle subit parfois des variations considérables dont s'accommode très bien la persistance de l'individu. Réduite à un minimum dans l'embryon et la graine, elle passe par des intermédiaires multiples avant d'atteindre son maximum dans l'individu adulte.

Quant aux destinées de la forme fractionnée, elles aussi sont en rapport constant avec la perfection relative des êtres.

Dans les plantes, même les plus parfaites au point de vue de l'organisation, le type spécifique se perpétue au sein d'une division très avancée, avec la totalité de ses caractères et de ses fonctions.

Dans le règne animal au contraire, ce phénomène ne se manifeste plus que chez les espèces inférieures, et pour certaines parties choisies, relativement très peu nombreuses.

Enfin, aux étages les plus élevés, si le fractionnement n'amène pas d'emblée la disparition du principe vital, au moins les fragments, réduits à une vie précaire, perdent irrémédiablement le pouvoir de reconstituer un individu normal.

Ainsi se vérifie cette grande loi de corrélation que l'on rencontre à chaque pas dans l'étude de la nature : l'unité des êtres marche de concert avec leur perfection essentielle. Plus nobles sont les créatures, et plus impérieusement aussi les types spécifiques réclament leur intégrité naturelle pour la conservation de la vie individuelle et la propagation de l'espèce.

35. **Première objection.** — « Dans aucun cas, écrit M. Blanc, il ne faut parler de la division de la forme substantielle elle-même. Ou la forme substantielle n'est pas, ou elle est indivisible : sa divisibilité entraînerait celle de la nature, de l'essence; car si l'essence est indivisible, c'est par la forme substantielle, d'où elle tient son unité. Avec son indivisibilité l'essence perdrait son immutabilité, sa perma-

nence; on pourrait l'augmenter ou la diminuer, la rendre tout autre » [1]).

Que faut-il penser d'abord de l'indivisibilité des essences sur laquelle repose cette argumentation ?

Une distinction, croyons-nous, s'impose.

Notre distingué contradicteur veut-il affirmer seulement l'inséparabilité des éléments constitutifs de l'être ?

Nul scolastique ne le contredira. Une essence ne peut conserver son identité, si on la dépouille de l'une ou l'autre de ses principes essentiels. L'homme appartient à l'espèce humaine aussi longtemps qu'il possède, dans l'unité de son être, un corps et une âme. La séparation de ces deux réalités c'est la mort, c'est la destruction d'une essence, d'une nature.

Toutefois, notons-le bien, cette sorte d'indivisibilité est conditionnelle et étrangère à la question qui nous occupe. Que la forme soit simple ou composée, divisible ou indivisible, il demeure établi qu'en quittant la matière, elle entraîne avec elle la ruine de l'être.

Mais le problème de l'indivisibilité des essences se présente encore sous un autre aspect. On peut se demander si la matière et la forme unies dans le composé sont, elles aussi, réfractaires à toute division, ou s'il n'est point possible de les partager *simultanément* en parties quantitatives dont chacune contiendrait un fragment de la forme et de la matière.

Or, envisagée sous cet angle, l'indivisibilité des essences n'est plus une doctrine incontestée qui puisse servir de base à une argumentation.

D'abord, la matière première qui est un des deux principes constitutifs de l'être se prête à des divisions multiples qui ne causent aucun préjudice à l'individualité du corps où elle se trouve. Lorsque le vent d'automne vient dépouiller un arbre de ses feuilles mourantes et de ses rameaux fragiles, ne lui enlève-t-il pas du même coup une certaine quantité de son

[1]) E. Blanc (*La pensée contemporaine*, octobre 1904), p. 31.

principe matériel ? Il serait puéril d'appeler réalités accidentelles ces parties détachées qu'une simple substitution de formes essentielles transforme en autant de corps chimiques indépendants. D'évidence, l'arbre subit de ce chef un réel fractionnement, tout en conservant sa nature et ses traits spécifiques.

Soit, dira-t-on, la matière est divisible. Mais la matière ne constitue pas à elle seule l'essence. Il y a aussi la forme.

D'accord, mais affirmer son indivisibilité n'est-ce pas tout juste poser en principe ce qu'il faut prouver ?

De quelque manière qu'on la considère, il est donc impossible de tirer de l'indivisibilité des essences, une conclusion favorable à l'opinion du savant français.

« Si l'essence, dit encore M. Blanc, était divisible, elle perdrait son immutabilité, sa permanence. »

Ici se trouve renouvelée sous une autre forme l'équivoque qui enveloppait la proposition précédente.

S'agit-il des essences concrètes du monde corporel, rien n'est plus évident que leur profonde mutabilité. Les transformations constantes de la matière organique, et le retour obligé de tout ce qui a vécu au sol et à l'atmosphère prouvent que les animaux comme les plantes portent en eux le principe de leur future destruction. Nul être n'échappe à la loi du changement. Le corps minéral lui-même est appelé à remplir ses destinées au prix de métamorphoses incessantes où disparaît sa nature intime.

Pareilles essences peuvent-elles, sans changer de nature, augmenter, diminuer, subir certaines divisions ? Le fait est évident pour la matière première qui les constitue. Et quant à la forme, on ne peut le nier sans supposer établie l'opinion que l'on veut démontrer.

S'agit-il des essences abstraites, universalisées par la pensée, elles ne sont pas plus immuables que l'intelligence qui se les

représente, puisque leur existence idéale en est essentiellement dépendante [1]).

36. **Seconde objection.** — « Si l'animal est substantiellement *un*, écrit M. Charousset, d'où vient cette unité ? De l'âme ? Or l'âme est-elle simple ou composée de parties ? Si elle a des parties, elle n'est pas une unité, mais collectivité. Ses parties, loin d'unifier, ont besoin elles-mêmes d'être unifiées par une autre réalité. Cette autre réalité sera-t-elle simple ou composée ? Il faut qu'elle soit simple, sans quoi elle ne pourrait pas non plus produire l'unité, et l'on devrait recourir à une série indéfinie, ce qui est impossible. Mais alors comment, sous le coup de la division, un être vivant, substantiellement *un*, devient-il *plusieurs ?* » [2])

A notre avis, la difficulté en cette matière provient d'abord de ce que l'on regarde comme des attributs contradictoires l'unité et le multiple en puissance, oubliant ainsi que l'étendue elle-même nous offre la synthèse de ces deux propriétés :

[1]) « L'essence, dit encore M. Blanc, tient son indivisibilité de la forme principe d'unité... L'être est un, donc indivisible. » Que l'unité soit une propriété réelle de tout être, et que la forme en soit le principe, nous l'admettons volontiers. S'ensuit-il que pour jouir de l'unité, l'être doive constituer un tout réfractaire à la division ?

D'évidence, l'auteur confond ici deux questions essentiellement distinctes : celle de l'unité et celle de l'indivisibilité. Elles se confondent dans les êtres de constitution simple, tels l'ange et l'âme humaine. Chez tous les autres individus, il n'est permis de les identifier que si l'on a établi d'avance l'indivisibilité absolue de la forme substantielle, pour le motif bien simple qu'en toute hypothèse, l'*indivision actuelle* suffit à l'unité de l'être. « Unum, dit saint Thomas, nihil aliud est quam ens *indivisum.* » *Summ. Theol.*, 1ª P., q. XI, a. 1.

En fait, enlevez à un arbre un de ses rameaux et en même temps un fragment de sa matière et de sa forme. D'après notre opinion, vous aurez donné naissance à un nouvel être, qui à raison de son indivision possède l'unité au même titre que la plante-mère. Ni de l'arbre, ni du rameau, on ne peut dire que l'*un* est à la fois *plusieurs*. En quoi donc la division viendrait-elle compromettre l'unité ?

[2]) A. Charousset *(Revue de philosophie*, décembre 1903), p. 867.

« Unitas continuitatis in re reperta, dit saint Thomas, maxime potentialis invenitur quia omne continuum est unum actu et multiplex in potentia » [1]). L'étendue de l'atome semble être marquée au coin d'une unité rigoureuse, et comme telle, elle exclut toute multiplicité *actuelle* de parties intégrantes. Cependant le concept même de cette propriété implique la possibilité, au moins théorique, d'une division, et partant le multiple potentiel. D'autre part, qui oserait soutenir qu'un principe simple a dû réduire à l'unité les éléments virtuels dont l'étendue est constituée ?

D'une manière générale, il est donc inexact d'affirmer que l'unité relève toujours et partout d'un principe unificateur *réellement* indivisible.

Quel est maintenant l'état de la forme dans le composé substantiel ?

Conçue abstraitement, c'est-à-dire sans les conditions normales de son existence, la forme nous apparaît avec un caractère d'unité et d'indivision. Bien plus, on ne découvre pas en elle le multiple potentiel qui se retrouve, par exemple, dans l'étendue. Elle est acte, détermination, et de sa nature elle tend à communiquer au corps cette unité dont elle est dépositaire. Au contraire, la matière, pure puissance, possède une tendance innée à la division, à la multiplication.

Quel sera donc, dans l'ordre concret, le mode d'être naturel du composé substantiel, issu de leur union ? Si la forme n'est pas indépendante de la matière, ce ne sera ni l'indivisibilité, ni la division actuelle, mais l'indivision. La nature essentielle de la forme ne peut évidemment disparaître. Principe d'unité, elle le restera toujours. Mais conformément aux exigences de la matière, son unité se trouvera tempérée d'une multiplicité potentielle en sorte que l'être tout entier prêtera le flanc au fractionnement. Que cette multiplicité soit le résultat direct de l'union, comme le soutient Suarez, ou qu'elle lui

[1]) S. Thomas, *De natura materiae*, c. IX.

advienne d'un accident surajouté, la quantité, comme le croit saint Thomas, l'état quantitatif de la forme s'explique sans peine.

Au lieu donc de rechercher avec M. Charousset quel est le principe unitif des parties potentielles de la forme, nous nous demandons, en théorie thomiste, quel est le principe multiplicateur de la forme, ou mieux, d'où vient que cet élément unitif par nature et de lui-même indifférent à l'égard de toute composition virtuelle, comporte en fait des parties intégrantes.

Comment se fait-il, ajoute l'auteur, que sous le coup de la division, l'être vivant substantiellement *un* devient *plusieurs ?*

La réponse, semble t-il, est-bien simple. De même qu'*une* ligne étendue donne par la division *deux* lignes de même espèce, ainsi l'être vivant formellement *un* devient par le fractionnement *deux* êtres distincts. La nature de l'étendue se trouve dans chacune des parties de la réalité continue comme la subsistance appartient, au même titre, à chacun des éléments intégrants de l'être vivant. Mais avant la division les parties intrinsèquement unies de la ligne, n'ayant point d'actualité propre et isolée, participent à une étendue commune, de même que les parties d'un végétal, par exemple, possèdent dans leur état d'intime union, une subsistance non actuellement partagée. Par le fractionnement, l'indépendance complète est accordée aux parties isolées et chacune d'elles acquiert de la sorte une étendue et un être propres.

37. La hiérarchie des formes substantielles. — Il suffit de jeter un regard sur le monde matériel pour remarquer l'étonnante variété des espèces et l'ordre hiérarchique qui en domine les perfections.

Au bas de l'échelle des êtres nous rencontrons les quatre-vingt-cinq corps simples dont les combinaisons multiples donnent naissance aux composés du monde inorganique.

Mais des substances élémentaires aux substances albuminoïdes qui marquent les limites de l'évolution de la matière inanimée, que de milliers d'espèces intermédiaires viennent s'étager comme autant de degrés d'une complication progressive !

Si nous franchissons le seuil du règne végétal, la matière s'enrichit d'un nouveau genre de perfection. La plante en effet est le théâtre d'une multitude d'activités chimiques, physiques et mécaniques dont la coordination et la subordination constante au bien de l'être nous révèlent une perfection d'ordre supérieur, l'immanence.

Dans l'animal, aux activités de la vie végétative s'ajoutent les phénomènes si mystérieux de la vie sensitive.

Au sommet de l'échelle se trouve l'homme, qui constitue à lui seul tout un monde ; il possède les activités de la matière brute, la vie de la plante, les connaissances et les appétitions de l'animal, enfin la vie intellectuelle.

Veut-on considérer à part les deux règnes des êtres vivants, les animaux et les plantes, quelle gradation admirable apparaît encore entre l'algue rudimentaire et les riches espèces qui forment la famille des composées, entre la constitution apparemment homogène de certains microbes et les organes des sens et de locomotion si parfaits dont est pourvu, par exemple, l'ordre des carnassiers !

Du corps simple à l'homme, intermédiaire entre le monde de la matière et le monde des esprits, s'échelonne donc une série continue de perfections essentielles.

Selon saint Thomas, une seule forme substantielle fixe chacun de ces êtres dans sa subsistance et sa nature. Principe foncier de toutes les déterminations, elle confère à chacun d'eux non seulement les caractères distinctifs de l'espèce, mais en outre toutes les perfections des formes inférieures. Malgré son unité essentielle, elle porte en son sein les virtualités multiples des formes qu'elle supplante.

Dans le composé chimique, elle est le substitut naturel des formes élémentaires disparues.

Au végétal elle confère les activités chimiques, physiques et mécaniques de toutes les substances minérales qui s'y trouvent incorporées et les fait converger vers un but unique, la nutrition et le développement de l'être.

Dans l'animal, elle est à elle seule le principe foncier de la vie sensitive, de la vie végétative et des énergies de la matière brute.

Chez l'homme enfin, une seule âme raisonnable fait éclore, en s'unissant à la matière, la triple vie intellectuelle, animale, végétative, ainsi que les phénomènes naturels aux corps inorganiques virtuellement existants dans l'organisme.

On le voit, l'ordre si compliqué de l'univers repose en dernière analyse sur une véritable hiérarchie de formes essentielles [1]).

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De anima*, q. 1, a. 1, in corpore. Cfr. a. 7.

ARTICLE III

Le composé substantiel

38. Pourquoi l'essence corporelle est-elle une, malgré la dualité de ses constitutifs ? — Nous avons étudié isolément chacune des parties constitutives de l'être corporel ; mais, en fait, ces deux parties sont unies l'une à l'autre par un lien d'interdépendance si intime qu'elles forment un seul être au double point de vue de la subsistance et de l'activité.

D'où leur vient cette aptitude à une aussi étroite union ?

La matière première, nous l'avons dit, est l'expression la plus complète de la potentialité. C'est un élément plastique, destiné à servir de substrat aux formes essentielles et incapable de subsistance propre. Elle a pour première exigence naturelle de recevoir cette empreinte profonde, spécifique, qu'est la forme, afin que par celle-ci, elle soit élevée au rang d'espèce corporelle.

De son côté, la forme matérielle est le principe de toutes les actualités qui distinguent le corps, mais elle aussi se trouve insuffisante à subsister seule, parce qu'elle est essentiellement destinée à perfectionner un sujet potentiel ; elle est l'acte de la matière.

En s'unissant, ces deux constitutifs se complètent donc mutuellement.

La matière première fournit à la forme l'élément substantiel dont elle a besoin, à savoir un sujet indéterminé d'inhérence.

La forme confère à la matière le perfectionnement interne que celle-ci réclame, la détermination spécifique.

Intrinsèquement dépendants l'un de l'autre, mais à des titres

divers, les deux principes essentiels n'existent ainsi qu'en vue de leur union.

Dès lors, faut-il s'étonner que d'une telle intégration résulte une seule essence complète, un seul principe foncier d'action, un seul être corporel ?

39. Mode d'union de la matière première et de la forme substantielle. — Il serait puéril de s'imaginer avec certains philosophes, que pour souder entre eux les principes essentiels, il faille recourir à une petite entité, à un accident unitif qui deviendrait en quelque sorte le ciment de la soudure.

Avec raison, le Docteur médiéval prend à partie ces créateurs d'entités [1]).

D'abord, à quoi servirait cet intermédiaire accidentel ? N'est-il pas plus gênant qu'utile, puisque, sans lui, l'adaptation naturelle de la matière à la forme est aussi parfaite que possible ?

Et puis, s'il est réellement nécessaire à une union quelconque, il faudra bien qu'entre lui et chacun des éléments substantiels qu'il doit unir, intervienne un second accident unitif. Mais la difficulté sera simplement reculée, car le même besoin se fera sentir pour chacune des nouvelles unions. Nous serions ainsi engagés dans un processus à l'infini.

Enfin, l'accident dont la nature est d'adhérer à la substance, prendrait rang parmi les principes constitutifs de l'être.

En somme, l'union entre la matière et la forme revient à

[1]) S. Thomas, *Summ. Theol.*, P. I, q. 76, a. 7 : « Forma autem per seipsam facit rem esse in actu, cum per essentiam suam sit actus, nec dat esse per aliquod medium. Unde unitas rei compositae ex materia et forma est per ipsam formam, quae secundum seipsam unitur materiae ut actus ejus. Nec est aliquid uniens nisi agens, quod facit materiam esse in actu. » — Cfr. *De anima,* q. 1, a. 9 : « Unde cum forma secundum seipsam dat esse materiae, secundum seipsam unitur materiae primae, et non per aliud aliquod ligamentum. »

une communication directe, plénière et mutuelle de deux réalités substantielles essentiellement complétives l'une de l'autre. De ces principes, le premier est puissance, l'autre est acte. Nulle adaptation réciproque ne saurait, semble-t-il, être plus favorable à l'union.

40. **Entre la matière et la forme unies dans le composé, y a-t-il place pour une distinction réelle ?** — A s'en tenir à la rigueur des termes, le composé substantiel ne se prête pas à semblable distinction, car celle-ci ne s'établit qu'entre des choses actuellement déterminées. Or la matière première est une puissance physique indéterminée [1]).

Cependant, puisqu'elle n'est pas le néant, on peut se demander si dans un être corporel déjà constitué, elle se distingue encore de la forme.

Quelques auteurs accentuent l'unité de l'essence, au point de n'y voir plus qu'une seule réalité composée. D'après eux, il n'y aurait plus dans le corps de matière et de forme, mais une réalité nouvelle issue de leur fusion [2]).

La plupart se montrent partisans d'une dualité actuelle.

Sans vouloir condamner d'une manière absolue la première opinion, nous croyons cependant qu'elle soulève une bien grave difficulté.

On ne conçoit pas en effet que deux réalités, aux caractères diamétralement opposés, puissent se convertir en une troisième, sans qu'aucune d'elles ne subisse la moindre métamorphose. Or ni la matière ni la forme ne perdent ni même ne

[1]) S. Thomas, *De pluralitate formarum*, P. III. « Causa distinctionis est actus : ex quo sequitur quod duo actus causant duas distinctiones... quia materia non differt a forma in composito, nisi potentia, et compositum non est ens in actu nisi per formam, compositum non dicitur unum nisi quia sua forma est una.

[2]) Cfr. P. Lahousse, *Praelectiones metaphysicae, Cosmologia*, p. 50. Lovanii, Peeters, 1890. — P. Palmieri, *Cosmologia*, c. II, thes. 21ª. Typographia della pace. Romae, 1874.

modifient leur réalité respective dans leur mutuelle communication. Nier ce fait, reviendrait à substituer à la causalité matérielle et formelle des principes constitutifs, une causalité efficiente qui en fausserait complètement la notion. Dès lors, quelle que soit l'intimité de l'union, nous ne voyons pas comment pourrait s'évanouir la distinction si profonde de ces deux natures [1]).

[1]) Les partisans de la première opinion se réclament de divers arguments dont la force probante nous paraît aussi bien douteuse.

1° D'abord, on a fait grand état d'une expression familière à saint Thomas et en général aux scolastiques de son temps : « non fit forma sed compositum. » Le terme d'une génération n'est point la forme nouvelle, mais le composé nouveau. Preuve évidente, dit-on, que dans la pensée du philosophe médiéval, la forme n'a plus de réalité propre au sein de l'être engendré.

Il en est de cette expression comme de beaucoup d'autres usitées dans le langage de l'École. Isolée, elle laisse subsister une certaine équivoque ; rattachée au contexte, elle revêt un sens bien défini, très différent de celui qu'on veut y découvrir.

Dans tous les passages de ses œuvres où revient la formule précitée, saint Thomas ne s'occupe jamais de la question de savoir quelle distinction il y a lieu de placer entre les parties du composé substantiel. Son but unique est de mettre en relief la dépendance intrinsèque de la forme vis-à-vis de la matière, ou de montrer que seul l'être subsistant mérite d'être appelé le terme d'une génération. « Res enim naturalis generata dicitur esse per se et proprie, quasi habens esse in suo esse subsistens ; forma autem non sic esse dicitur cum non subsistat, nec per se esse habeat... Unumquodque autem factum hoc modo dicitur fieri quo dicitur esse. Nam esse est terminus factionis : unde illud quod proprie fit per se, compositum est. » Quaest. disp. *De potentia*, q. 3, a. 8.

« Et ideo nulli formae non subsistenti proprie convenit fieri, sed dicuntur fieri per hoc quod composita substantialia fiunt. » P. I, q. 90, a. 2. — Cfr. *De sen u et sensato*, lect. 7, etc.

2° En second lieu, on a dit aussi qu'un des grands avantages de cette hypothèse est de pouvoir rendre compte de l'adage scolastique : « les propriétés naturelles découlent, non de la matière ou de la forme, mais du composé.

Nous lui reconnaissons volontiers cet avantage. L'unité de source et de fond substantiel se comprend plus aisément si les constitutifs de l'essence se fusionnent en une seule réalité nouvelle. Mais elle s'explique également

41. **La subsistance du composé.** — Nul ne conteste que le résultat de l'actuation d'une matière réelle par un principe spécifique soit une essence subsistante, un être corporel. Mais dans l'être ainsi réalisé, la perfection par laquelle il s'appartient, existe ou subsiste, se confond-elle avec la perfection par laquelle il entre dans telle ou telle espèce déterminée ? En d'autres termes, entre l'essence concrète, composée de matière et de forme et son acte d'existence, quelle distinction y a-t-il lieu d'établir ?

Cette question doit être posée, car dans tout être créé l'essence se comprend parfaitement sans l'existence. Nous concevons très bien ce qu'est une rose, une fleur, un fruit, sans savoir s'il en existe encore à l'heure présente.

Qu'il y ait entre ces deux notions une distinction de raison, tous le concèdent sans peine. Mais faut-il s'arrêter là ? La distinction que place notre intelligence entre l'essence concrète et l'acte d'existence n'est-elle pas aussi la traduction d'un fait réel ?

Le philosophe médiéval partage cette dernière opinion [1]).

dans l'opinion adverse. L'interdépendance intrinsèque qui règne entre les parties essentielles, crée aussi pour elles un lien de solidarité indissoluble dans l'exercice de la causalité. Si l'essence complète jouit seule d'une existence commune, elle sera seule le principe foncier d'action, la source d'où dérivent les propriétés naturelles.

3° Enfin, faut-il, comme on le soutient, que toute union intrinsèque aboutisse à la fusion complète des parties unies, sous peine de perdre son son véritable caractère ?

Tel n'est pas notre avis. La communication tôtale et réciproque de la matière à la forme, communication fondée sur le rapport de la puissance à l'acte et sur l'impuissance radicale où elles se trouvent d'exister isolément, réunit à nos yeux toutes les conditions désirables d'une union intime et profonde. La fusion finale nous paraît une ajoute superflue et même dangereuse, parce qu'elle tend à transformer une simple union en une conversion véritable.

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De spiritualibus creaturis*, q. 1, a. 1. « Unde in rebus compositis est considerare duplicem actum, et duplicem potentiam. Nam primo quidem materia est ut potentia respectu formae, et forma est actus

Il y attache même une si grande importance, qu'il en fait une des clefs de voûte de son système.

Ce n'est pas la place de reprendre par le détail les nombreux arguments qui montrent le bien fondé de cette doctrine : celle-ci est, d'ailleurs, d'ordre général et s'applique à tout être créé corporel ou spirituel. Néanmoins, il est un argument qui, à raison de son origine cosmologique, ne peut être passé sous silence. Le voici :

Au moment de son information par la forme essentielle, la matière première, bien que réelle, ne possède point, même en germe ou dans un état incomplet, l'acte d'existence. Il lui manque une condition essentielle, à savoir un certain degré d'actualité ou de détermination. Il est en effet inconcevable qu'une réalité purement potentielle prenne place dans le monde des êtres.

D'où lui viendra donc l'existence ? De la forme ? Mais la forme dépend elle-même intrinsèquement de son sujet matériel, et de ce chef, elle aussi est incapable d'exister séparément. Peut-elle conférer une perfection qu'elle n'a pas ?

Or, étant donné qu'aucun des principes constitutifs de l'essence ne communique l'existence au composé substantiel, il faut de toute nécessité que cette actualité ultime soit une ajoute réelle, distincte du sujet qui la reçoit.

L'essence concrétisée est donc une puissance réceptive

ejus ; et iterum natura constituta ex materia et forma, est ut potentia respectu ipsius esse, inquantum est susceptiva ejus ». — Cfr. *De anima*, q. I, a. 6 : « In substantiis enim ex materia et forma compositis tria invenimus : scilicet materiam, et formam, et ipsum esse. Cujus quidem principium est forma ; nam materia ex hoc quod recipit formam, participat esse. Sic igitur esse consequitur formam. Nec tamen forma est suum esse, cum sit ejus principium. » *Summ. Theol.*, P. I, q. 54, a. 3 ; q. 3, a. 4 ; q. 4, a. 1. — Pour l'exposé et la preuve de la thèse envisagée d'un point de vue général, cfr. GOUDIN, *Philosophie suivant les principes de saint Thomas*, t. IV. *Métaphysique*, pp. 317 à 327. Paris, Poussielgue, 1864. — MERCIER, *Métaphysique générale*, 5e édit. Louvain, 1910.

à l'égard d'une perfection supérieure, l'existence. C'est cet acte dernier qui achève l'unification du composé, en en faisant un *être* proprement dit.

De même que l'unité de la forme entraîne avec elle l'unité de l'essence, ainsi l'unité d'existence a pour résultat définitif l'unité d'être subsistant.

ARTICLE IV

Les propriétés

§ 1er

Relations des propriétés avec la substance corporelle

42. Accidents nécessaires et accidents contingents. — Outre son essence, tout corps de la nature possède un ensemble de réalités accidentelles. Ces modalités dont chacune a sa physionomie propre et son mode spécial d'action, bien qu'inhérentes au fond substantiel, s'en distinguent réellement. On leur donne le nom générique d'*accidents*, parce qu'elles ont l'aptitude naturelle et exclusive à adhérer ou plutôt, d'après le sens étymologique du mot, à advenir, *ad-cedere,* à une chose déjà subsistante d'elle-même. Dépourvus d'existence propre, les accidents prennent leur point d'appui dans la substance, mais en revanche, la substance trouve en eux les moyens appropriés dont elle a besoin pour son développement et l'exercice normal de son activité.

Malgré ces rapports intimes, tous les accidents n'ont pas avec leur support naturel la même connexion.

Les uns sont variables, passagers, unis à la substance par un lien purement contingent. Le corps les reçoit au cours de son existence ; il peut aussi, sans aucun préjudice de son intégrité essentielle ou de ses fonctions ordinaires, s'en voir totalement dépouiller. Ainsi, sous l'influence de la lumière, les corps se revêtent de riches couleurs qui disparaissent dans l'obscurité complète. De même, sous le coup d'une

impulsion mécanique, ils acquièrent un mouvement fugitif auquel succède bientôt le repos relatif. La couleur actuelle et le mouvement n'ont donc avec la substance que des liens fragiles.

D'autres accidents, au contraire, lui sont indivisiblement unis et forment en elle cet état constant qui est le fondement et le principe immédiat de tous les perfectionnements ultérieurs de l'être. Dans cette catégorie viennent se ranger l'étendue, la quantité, les puissances actives et passives. L'École les appelait accidents nécessaires, accidents inséparables, propriétés.

Ce n'est pas qu'ils ne puissent subir certaines modifications, gagner ou perdre en intensité ; mais la nature du corps où ils résident fixe les limites des altérations possibles. De sorte que la suppression complète de l'une ou l'autre de ces propriétés dépasse la puissance des forces naturelles. En fait, au sein des changements incessants de la matière, jamais nous ne rencontrons de corps qui n'occupe aucune place dans l'espace, soit dépouillé de toute affinité chimique, ou ne donne lieu dans les circonstances voulues à des phénomènes d'électricité, de chaleur, de magnétisme.

Ce faisceau d'accidents permanents, qu'on retrouve dans tous les corps du monde matériel, se présente aussi dans chaque espèce avec des caractères distinctifs. La chimie, la physique, la cristallographie y voient des différences assez tranchées pour en faire la base de leurs classifications. Dans ces traits différentiels se reflète si fidèlement la nature du corps, que notre connaissance scientifique des essences corporelles en est complètement solidaire. En un mot, c'est par les propriétés et uniquement par elles qu'il nous est donné de pénétrer les secrets de la nature intime des êtres.

Cette appropriation constante des accidents nécessaires au fond substantiel, et le lien indissoluble qui les enchaîne à leur support, demandent une cause. Quelle est-elle ?

43. Raison de la connexion naturelle qui lie la substance à ses propriétés. — D'abord il ne peut être question de rechercher la raison de cette étroite intimité dans un simple rapport de cause à effet. Ce serait introduire la vie au sein même de la matière inorganique. Si le corps produit ses accidents nécessaires par une causalité réellement efficiente, il est à la fois la cause et le sujet récepteur de son effet, et les conditions requises pour une activité immanente se trouvent réalisées du même coup. Or, l'immanence est la caractéristique de l'action vitale.

Ensuite, dans cette hypothèse, l'essence comme telle deviendrait un principe immédiat d'activité ; privilège qui n'appartient qu'à Dieu, parce qu'en Lui seul l'être s'identifie avec la substance. Dans les créatures, au contraire, l'essence est la source première des énergies, mais l'action est toujours le fait de principes secondaires, appelés puissances actives et passives [1]).

Cette hypothèse écartée, où git donc la solution du problème ?

Saint Thomas nous paraît l'avoir indiquée dans un texte laconique, et suffisamment expressif : « Dicendum, quod subjectum est causa proprii accidentis, et *finalis,* et *quodammodo activa,* et etiam *materialis,* in quantum est susceptiva accidentis... quod emanatio propriorum accidentium a subjecto non est per aliquam transmutationem, sed per *aliquam natu-*

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De spirit. creat.*, q. 1, a. 11. « Primo quidem, quia impossibile est quod alicujus substantiae creatae sua essentia sit sua potentia operativa. Manifestum est enim quod diversi actus diversorum sunt : semper enim actus proportionatur ei cujus est actus. Sicut autem ipsum esse est actualitas quaedam essentiae, ita operari est actualitas operativae potentiae seu virtutis. Secundum enim hoc, utrumque eorum est in actu ; essentia quidem secundum esse, potentia vero secundum operari. Unde, cum in nulla creatura suum operari sit suum esse, sed hoc sit proprium solius Dei, sequitur quod nullius creaturae operativa potentia sit ejus essentia ; sed solius Dei proprium est ut sua essentia sit sua potentia. » Cfr. *Summ. Theol.*, P. I, q. 54, a. 3 ; q. 77, a. 1.

ralem resultationem ; sicut ex uno naturaliter aliud resultat, ut ex luce color » [1]).

La substance, dit-il, est à la fois cause finale, matérielle et, en un certain sens, cause active de ses propriétés... Celles-ci découlent du fond substantiel sans y déterminer aucune altération réelle, à la façon d'une résultante naturelle.

Que la substance soit la cause finale de ses accidents, rien d'étonnant. Toutes ses perfections secondaires lui sont données comme des instruments, des moyens naturels dont elle se sert pour atteindre ses fins.

On comprend aussi qu'elle exerce à leur égard une sorte de causalité matérielle. Elle les soutient en effet, et les reçoit dans son sein à l'instant même de leur naissance.

Mais que peut être cette espèce de causalité *quodammodo activa* que le philosophe médiéval assimile à une résultante, à un écoulement naturel ? Si elle n'est pas réellement efficiente, en quoi consiste-t-elle ?

Cette sorte d'influence réside en ce fait que la substance est elle-même la raison nécessitante du devenir de ses propriétés. Expliquons-nous :

Lorsqu'un agent extrinsèque investit la matière d'une forme essentielle et réalise ainsi une nouvelle essence, il la revêt du même coup et par la même action, de tous ses accidents nécessaires. La cause pour laquelle cette activité vraiment une et indivise se termine fatalement à deux effets inséparables, l'un principal, la substance, l'autre secondaire, les propriétés connaturelles, cette cause, disons-nous, est la substance. C'est elle qui lie l'activité de l'agent, en détermine la sphère d'action, en un mot, la force à s'étendre jusqu'aux réalités accidentelles, parce que ces réalités complétives sont la suite nécessaire de son existence. A ce titre, elle influe à sa manière sur leur devenir, et la causalité dont elle s'approche

[1]) *Summ. Theol.*, P. I, q. 77, a. 6, ad 2um et 3um.

le plus, sans toutefois l'atteindre, est incontestablement la causalité efficiente [1]).

De là, l'expression pleine de réserve employée par saint Thomas : « quodammodo activa ».

Telle est la raison physique, immédiate de la connexion mentionnée.

Il en est une autre plus éloignée, tirée de la finalité intrinsèque qui régit le monde matériel.

Dans le règne inorganique aussi bien que dans le domaine de la vie, tout être a sa place, sa mission. Il est appelé à concourir au bien de l'ensemble par la mise en œuvre de ses énergies naturelles. Autant il répugne à la sagesse du Créateur de réaliser des êtres qui n'auraient point de destinée, autant il lui répugne de les laisser un instant sans les moyens indispensables pour l'atteindre.

Or les propriétés sont les principes immédiats d'action sans lesquels l'énergie foncière du corps resterait condamnée à l'impuissance, car l'activité ne peut surgir directement de l'essence. Il est donc impossible que leur réalisation soit abandonnée aux caprices des agents matériels, ou que leur connexion avec la substance soit purement contingente.

Nous revenons ainsi à poser la nécessité du fait dont la théorie thomiste nous a fourni tantôt la cause prochaine.

44. **Conséquences de la théorie thomiste.** — A la lumière de ces idées, il nous est facile de saisir, d'une part, l'appropriation constante des accidents nécessaires à la substance, d'autre part, la légitimité du principe idéologique qui nous permet d'attribuer au fond substantiel des êtres les caractères de leurs manifestations accidentelles.

Les propriétés plongent pour ainsi dire leurs racines dans la substance, elles en sont un prolongement naturel, une sorte d'efflorescence ; se peut-il qu'elles n'en expriment point

[1]) Cfr. Goudin, *Physique*, Q. IV : « De la cause efficiente », p. 285.

fidèlement la nature et par leurs caractères distinctifs, et par leur mode spécial d'action, et par leurs tendances électives ?

De plus, ici se révèle avec une clarté nouvelle toute l'amplitude de l'influence de la forme essentielle. Principe des déterminations fondamentales de l'être, elle le spécifie, lui communique une inclination foncière vers le but qui lui est assigné, et, du même coup, marque du sceau de l'espèce et incline à ses fins toutes les propriétés jaillies de son sein. De la sorte, l'être concret que l'intelligence fractionne pour en mieux découvrir les richesses, nous apparaît comme une admirable unité sous le double rapport de sa constitution et de ses naturelles destinées [1]).

45. **Les propriétés reflètent-elles, chacune avec le même éclat, les caractères des parties constitutives du corps ?** — Quoique la substance forme un tout indivis et qu'aucun de ses principes essentiels ne puisse exercer la moindre influence sans le concours intrinsèque de l'autre, il est cependant naturel que les accidents issus de cette source commune n'en retracent pas, au même degré, les traits distinctifs.

Le règne animal nous donne de ce fait des exemples frappants. Le fœtus, par exemple, résulte originairement de la fusion intime de deux cellules sexuelles fournies par les parents. D'ordinaire, on remarque chez le jeune animal une diversité de traits dont les uns rappellent la physionomie du père, les autres celle de la mère. Ainsi en est-il des relations

[1]) « L'armature constante qui maintient les choses, les empêche de s'évanouir et de se déformer sans cesse, comme les images de la fantaisie indoue, dit M. Rivaud, est constituée par le rapport, la loi, la formule mathématique ou logique, qui unit les qualités et les attache momentanément à un substrat, sans lequel elles ne sont rien, et qui, sans elles, n'est rien. Toute la fixité et toute la permanence des choses vient des types immuables qui s'y réalisent tour à tour, et dont la claire splendeur se détache un moment de la nuit confuse du chaos. » Cfr. Rivaud, *Le problème du devenir et la notion de la matière dans la philosophie grecque*, p. 460. Paris, Alcan, 1906.

qui rattachent les propriétés d'un être à ses constitutifs essentiels.

A ce sujet, le philosophe médiéval distingue trois sortes d'accidents. Les uns, dit-il, ont leur fondement principal dans la forme, les autres dans la matière. Parmi ces derniers, certains se rattachent à la matière affectée de telle forme déterminée ; certains autres la suivent, quelle que soit d'ailleurs la forme dont elle est investie [1]).

Un coup d'œil rapide sur les accidents nécessaires nous fera voir les nombreuses applications de ces principes et leur grande utilité.

1° **Les puissances actives.** — Tout corps possède un ensemble d'énergies dont la mise en œuvre dépend uniquement de circonstances favorables.

Citons la chaleur, l'électricité, le magnétisme, les forces attractives et répulsives.

Ces pouvoirs virtuels ne sont pas toujours en activité, mais il leur suffit, pour sortir leurs effets, de se trouver dans les conditions d'action requises. En langage scolastique, on leur donne le nom de *puissances actives*.

De quelle partie de l'essence sont-elles spécialement tributaires ? De la forme. L'action en effet est le but essentiel de ces énergies, elle est l'épanouissement de l'être, l'expression de la pleine actualité : un être agit dans la mesure où il est en acte. Or dans la forme réside le principe foncier de toutes les actualités d'un corps. En elle par conséquent se trouve le fondement de toutes les puissances actives. De là, cette con-

[1]) S. THOMAS, *De ente et essentia*, c. 7. « Quia enim partes substantiae sunt materia et forma, ideo quaedam accidentia principaliter consequuntur formam, et quaedam materiam... In his tamen accidentibus quae materiam consequuntur, invenitur quaedam diversitas. Quaedam enim accidentia consequuntur materiam secundum ordinem quem habet ad formam specialem... Quaedam vero consequuntur materiam secundum ordinem quem habet ad formam generalem, et ideo remota forma speciali adhuc in ea remanent. »

séquence importante que toute diversité de formes entraine avec elle une diversité de puissances.

La chimie nous en fournit des preuves abondantes. Dans les transformations profondes de la matière, les conditions d'exercice des forces physiques, ainsi que l'intensité des phénomènes thermiques et électriques, varient avec la nature des corps réagissants [1]).

2° **Les puissances passives.** — A la différence des premières, cette catégorie d'énergies ne se met en exercice qu'après avoir reçu d'une cause extrinsèque un achèvement, un perfectionnement interne. Ce sont de vrais pouvoirs d'action, mais d'eux-mêmes incomplets.

La capacité calorifique ou l'aptitude que possède tout corps d'élever sa température d'un degré sous l'action de telle quantité de chaleur communiquée, s'appelle à bon droit une *puissance passive,* car, en recevant cet appoint, le corps est en mesure d'agir sur ses congénères. Il en est de même de la faculté en vertu de laquelle il se revêt d'une couleur propre dès qu'on l'expose à la lumière : une fois impressionné par cet agent physique, le corps modifie à son tour notre organe visuel et nous révèle sa présence.

On le voit, en dépit de leur imperfection relative, toutes ces puissances sont faites pour agir et partant relèvent avant tout de la forme essentielle.

Aussi prennent-elles dans chaque espèce de corps des allures distinctives.

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De anima,* q. 1, a. 9. « Eadem forma quae dat esse materiae, est etiam operationis principium, eo quod unumquodque agit secundum quod est actu. Sed considerandum est quod secundum gradum formarum in perfectione essendi est etiam gradus earum in virtute operandi, cum operatio sit existentis in actu ; et ideo quanto aliqua forma est majoris perfectionis in dando esse, tanto est etiam majoris virtutis in operando. Unde formae perfectiores habent plures operationes et magis diversas quam formae minus perfectae. »

3° **Le poids.** — D'après les données de la physique moderne, le poids est le résultat de l'attraction que la terre exerce sur toutes les masses répandues dans son voisinage. Il est toujours proportionné à la quantité de matière et indépendant de la forme ou du volume du corps.

En dernière analyse, la matière première doit en être le fondement ultime, puisque, nous le verrons bientôt, c'est d'elle surtout que les masses matérielles tiennent leur état quantitatif.

La nature de la forme essentielle n'a même aucune répercussion appréciable sur les caractères de cette propriété. En d'autres termes, le poids découle de la matière déterminée par une forme quelconque.

Cette conséquence se vérifie par l'expérience : les corps changent d'état substantiel ; leur quantité, au contraire, demeure inchangée et, avec elle, le poids. Dans les composés chimiques, par exemple, nous retrouvons toujours la somme intégrale des poids des composants, quelle que soit la forme spécifique nouvelle qui ait été substituée aux formes élémentaires disparues [1]).

4° **La quantité.** — De toutes les propriétés corporelles, nulle ne se rattache à la matière première par des liens de

[1]) « Quant à l'opinion, écrit M. LAMINNE, qui considère d'une part la matière première comme l'origine du poids, et d'autre part, la forme comme l'origine du poids atomique, c'est-à-dire du poids de l'atome, elle nous paraît contradictoire. » Cfr. *Les quatre éléments*, p. 185, Bruxelles, Hayez, 1904.

Ce reproche que le savant auteur adresse à M. Farges, nous paraît injustifié. Examinons en effet séparément les deux propositions. 1° La matière première est l'origine du poids ; cela veut dire que telle portion de matière-première réalisée dans tel corps entraîne nécessairement tel poids déterminé. Ainsi, la matière contenue dans l'atome d'oxygène donne nécessairement naissance à un poids représenté par 16, et ce même poids persistera partout inchangé où se trouvera cette matière première provenant de l'oxygène, par exemple dans H_2O, KOH, etc.

2° La seconde proposition : « la forme est l'origine du poids atomique », est toute différente. Elle constitue, en somme, la réponse à cette question :

parenté plus intimes. De même que le corps doit à l'accident quantitatif d'être indéfiniment divisible, ainsi il tient de sa base matérielle l'exigence naturelle de ce mode d'existence.

En voici le motif. Dans l'échelle des êtres l'unité se relâche à mesure que décroit la perfection essentielle. Parmi les réalités de ce monde il n'en est point de plus infime, de plus voisine du néant que la matière première. Dès lors, quoi de plus naturel que sa tendance innée à la dispersion, à la diffusion quantitative [1] ?

5° **L'étendue.** — Les parties multiples d'un corps sont, en fait, toujours réduites à une certaine unité. Elles se répandent dans l'espace, de manière à former un tout continu. Cette prise de possession de l'espace se fait par l'étendue, couronnement inséparable de la quantité ; mais, à la différence de cette propriété, l'extension varie avec les espèces corporelles, puisqu'une même masse occupe parfois des volumes très divers. On comprend qu'à ce double titre, elle relève de la forme et même de la forme spécifique du corps. Car si toute forme est un principe d'unité, toutes les formes ne donnent pas aux corps les mêmes exigences spatiales.

Toutefois l'unité de l'étendue cache dans son sein le mul-

d'où vient que l'atome d'hydrogène se contente d'une portion de matière première représentée par l'unité de poids, tandis que l'atome de Ca en exige une portion beaucoup plus considérable représentée par 40, etc... Il est clair qu'ici doit intervenir un nouveau facteur qui ne peut être que la forme spécifique du corps. Si la matière première est cause du poids, si telle portion de matière entraîne tel poids déterminé, cependant, la matière première ne peut contenir en elle-même la raison pour laquelle les différents atomes en contiennent des quantités différentes et partant des poids différents.

Les deux propositions sont donc parfaitement conciliables, et résultent toutes les deux des principes essentiels du système scolastique.

[1]) S. Thomas, In lib. 4, *Dist.* 12, q. 1, a. 2, sol. 1. « Quia quantitas se tenet ex parte materiae... » — Kleutgen, *La philosophie scolastique,* t. III, p. 357.

tiple potentiel, et de ce chef, cette propriété ne reste pas étrangère aux influences de la matière première [1]).

§ 2

Étude spéciale des propriétés

La quantité

46. Place de la quantité parmi les propriétés du corps. — Le premier accident qui affecte la substance corporelle, est la quantité [2]).

On la désigne souvent sous le nom de *qualité primaire*, non qu'elle précède les autres qualités d'une priorité temporelle, mais parce qu'elle est l'intermédiaire par lequel les autres sont reçues dans la substance.

Malgré leur grande diversité, les propriétés se ressemblent suivant une note commune, l'état quantitatif : avec leur sup-

[1]) S. Thomas, opusc. *De natura materiae*, c. 5. « Quando aliqua forma substantialis perficit materiam : sicut potentia materiae est reducta per formam ad actum, ita per illud idem esse permutatur ad distinctionem et terminationem partium totius compositi : in forma enim substantiali non solum est vis perfectiva materiae, sed etiam distinctiva totius per partes. »

[2]) On rencontre assez souvent dans les traités de métaphysique générale, un chapitre spécial consacré à l'étude de la quantité. A notre sens, il y a là un hors-d'œuvre, car cette question est du ressort exclusif de la cosmologie. La quantité est une propriété essentiellement corporelle ; elle appartient aux corps et à eux seuls. La métaphysique générale, dont l'objet se limite à l'être et aux propriétés communes à tout être, n'a pas à s'en occuper. Ceux-là seuls pourraient légitimer cet empiétement sur le domaine cosmologique qui, à l'exemple de certains scolastiques, regardent la matière comme un principe constitutif partiel, non seulement des substances matérielles, mais aussi des êtres spirituels. Quoi qu'il en soit, les tenants de la philosophie thomiste ont tort, croyons-nous, de réserver une place aux questions de ce genre dans la partie de la philosophie comprise de nos jours sous le nom d'*Ontologie*.

port naturel, elles s'étendent dans l'espace et se prêtent à la division. Il semble donc rationnel d'attribuer à chaque corps un état quantitatif général, antérieur, au moins d'une priorité de nature, aux autres qualités, une sorte de fond commun sur lequel celles-ci viennent se répandre [1]).

Nous justifierons plus tard cette doctrine thomiste.

47. **Définition de la quantité.** — On connaît la célèbre définition qu'en donne Aristote au livre IV de sa Métaphysique : « Quantum dicitur, quod in insita divisibile, quorum utrumque aut singula unum quid et hoc quid apta sunt esse ». Envisagée concrètement, la quantité s'entend d'une chose divisible en parties qui se trouvent en elle, et dont chacune est apte à exister isolément.

Essayons de mettre en lumière le contenu de cette riche formule.

Parmi les attributs saillants de la quantité, le Stagirite place en premier lieu la *divisibilité*. En fait, l'aptitude à se laisser fractionner en parties multiples, est bien la première idée qu'éveille en nous le terme de « tout quantitatif ». Cependant, si l'on ne peut concevoir de quantité qui ne soit pas divisible, on ne peut en conclure que la divisibilité sous toutes ses formes trahisse toujours et partout la présence de la quantité. Il faut, en plus, certaines conditions.

1° D'abord, dit Aristote, la quantité doit renfermer formellement les parties auxquelles la division donne lieu, « insita ». Le fractionnement peut sans doute introduire des limites nouvelles dans la masse à diviser, en briser la continuité, ou séparer des éléments unis. Encore faut-il que la *réalité* actuelle et totale des parties obtenues ait préexisté comme telle à la division.

[1]) S. Thomas, *Summ. Theol.*, P. III, q. 77, a. 2. « Quia primum subjectum est materia, consequens est, quod omnia alia accidentia referantur ad subjectum mediante quantitate dimensiva, sicut et primum subjectum coloris dicitur superficies. »

Quelle est la raison de cette première réserve?

Saint Thomas nous l'indique dans ses Commentaires [1]). Par cette ajoute, nous dit-il, le philosophe exclut de la quantité un mode de division qui lui est totalement étranger : la dissolution des corps chimiquement composés.

D'après la doctrine thomiste, tout mixte inorganique constitue un être doué d'unité essentielle. Tel l'oxyde d'argent Ag_2O. Sous l'empire des causes désagrégeantes, cette unité vient elle à se briser, les éléments, l'argent et l'oxygène, reprennent aussitôt leur état substantiel propre et leur indépendance. Il s'est fait une sorte de fractionnement, mais ce fractionnement ne révèle point l'existence d'un tout quantitatif. Les éléments qui, dans ce cas, jouent le rôle de parties, ne préexistaient pas *comme tels* dans le composé ; ils s'y trouvaient seulement à l'état potentiel et n'ont repris leur être propre qu'au terme d'une transformation profonde. La première condition requise pour une division quantitative fait donc défaut.

2° Il en est une seconde : c'est l'aptitude naturelle des parties à former, après la division, de nouvelles individualités.

Fractionnez un morceau de bois, un fruit, un barreau de fer et vous obtiendrez des parties dont chacune jouira d'une existence propre. Vous regardez chacun de ces objets comme affecté de quantité véritable, parce que la division a mis simplement en liberté des unités nouvelles provenant d'un tout réel.

Cette seconde condition, dira-t on, vaut-elle la peine d'être mentionnée ? Oui, répond le philosophe médiéval, si l'on veut écarter un second genre de divisibilité qui n'est pas une suite naturelle de la quantité : la divisibilité d'un corps en ses deux constitutifs essentiels, matière et forme. Dans tout corps de la nature, la matière peut être dépouillée de sa

[1]) S. Thomas, *Metaphys.*, Lib. IV, c. 13, 1 (édit. Didot).

forme actuelle en échange d'une autre ; ni l'un ni l'autre de ces principes n'est cependant capable de survivre isolément à la séparation. Ici encore se produit une division réelle d'un tout, sans qu'on puisse y voir un indice suffisant du tout quantitatif.

Grâce à cette double condition imposée à la divisibilité, la définition aristotélicienne est remarquable de concision et d'exactitude. Elle met en relief le trait le plus distinctif de la quantité ; elle possède le grand avantage de s'appliquer à son objet et à lui seul, quels qu'en soient d'ailleurs les divers modes d'existence.

Toutefois, nous le montrerons bientôt, cette définition est plutôt descriptive qu'essentielle.

48. **Division de la quantité.** — La quantité peut être continue ou discrète.

La quantité *discrète* est constituée de parties réellement distinctes, ayant chacune leurs limites propres. Aussi forme-t-elle un tout dont l'unité est d'ordre mental. En réalité, à raison de la distinction actuelle de ses parties, elle est une multitude.

La *multitude* nous dit qu'il y a des unités distinctes réunies en un seul concept ; rien de plus. Elle n'est, par définition, ni finie ni infinie. Le *nombre,* au contraire, nous dit combien il y en a [1]).

La quantité *continue* se compose de parties indistinctes, enchainées entre elles de façon que la limite de l'une d'elles se confond avec la limite d'une autre. Indépendamment de toute intervention de l'intelligence, elle jouit d'une véritable unité. C'est une *grandeur* dont la propriété caractéristique est d'être mesurable, en totalité ou en partie selon qu'elle est finie ou infinie.

[1]) On pourra lire sur ce sujet une remarquable étude de D. MERCIER : *L'unité et le nombre d'après saint Thomas d'Aquin (Revue Néo-Scolastique,* août 1901).

La quantité continue comprend plusieurs espèces. On y distingue la quantité successive et la quantité permanente.

La quantité *successive* a un être essentiellement fugitif. Les parties qu'elle contient se succèdent sans interruption d'après un ordre d'antériorité et de postériorité. Le *temps* et le *mouvement* en sont les espèces principales [1]).

Dans la quantité *permanente*, toutes les parties ont une existence simultanée et occupent des positions diverses dans l'espace. On lui donne communément le nom d'*étendue*.

L'abstraction intellectuelle nous permet aussi de la diviser en plusieurs espèces.

Si nous considérons uniquement la longueur, en éliminant par la pensée la largeur et l'épaisseur, nous obtenons le concept de la *ligne*.

De même, si d'une quantité permanente douée de longueur et de largeur nous supprimons mentalement toute profondeur, nous arrivons à la notion de *surface*.

Enfin les trois dimensions réunies nous représentent le *corps réel* [2]).

Les deux premières espèces n'ont évidemment, comme telles, qu'une existence idéale ou mieux ne peuvent jamais être séparées, en fait, de la troisième, car toute réalité étendue

1) Nous avons traité *ex professo* ces deux questions dans : *La notion de temps*, 2e édit. Louvain, 1913 — *La nature de l'espace d'après les théories modernes depuis Descartes*. Bruxelles, Hayez, 1907.

2) Pour toutes ces notions, cfr. ARISTOTELES, *Metaph.*, Lib. IV, c. 6, 10-16 ; c. 13, 1-4.

Plusieurs philosophes modernes ont aussi tenté une définition nouvelle de la quantité. Pour Clay, « la quantité est, dans une chose, ce en vertu de quoi il est possible à cette chose d'être plus grande, moindre ou égale ». Cfr. *L'alternative*, p. 55.

M. Mouchot rattache l'idée de quantité à l'idée d'égalité et de somme. « Une grandeur, dit-il, est du domaine des mathématiques, dès qu'on sait définir l'égalité et la somme de deux grandeurs de cette espèce. » Cfr. *La réforme cartésienne étendue aux diverses branches des mathématiques*, p. 41.

M. Mouret établit une différence essentielle entre la notion de grandeur et celle de quantité. « L'idée de grandeur, dit-il, est celle d'une pluralité non

est toujours soumise à une triple dimension. Néanmoins la divisibilité, qui est une propriété essentielle de la quantité, se vérifie pour chacune d'elles dans la mesure où elles présentent un aspect quantitatif. La ligne est divisible dans le sens de la longueur ; la surface, en longueur et en largeur ; le corps, selon trois directions différentes.

La seule espèce de quantité dont nous avons à parler ici, est la quantité permanente.

Étudions d'abord deux questions relatives à la manière d'être des parties qu'elle contient ; nous examinerons ensuite ses rapports avec la substance, et son essence métaphysique.

1re Question : Les parties du continu ou de la quantité permanente sont-elles étendues et partant divisibles a l'infini?

49. **Sens de la thèse.** — Les parties obtenues par la division, si loin d'ailleurs qu'on la prolonge, demeurent elles toujours étendues ?

Dans l'affirmative, le tout continu se prête à un fractionnement sans limites, car l'étendue, quelle que soit sa petitesse, est essentiellement susceptible de division.

Dans la négative, les produits ultimes du fractionnement formant des points simples, dépourvus de toute extension, se refusent forcément à toute division ultérieure.

On le voit, de même qu'on ne peut attribuer au tout continu une divisibilité théoriquement illimitée, sans doter de l'étendue toutes ses parties potentielles, ainsi est-il impossible d'imposer des bornes à la divisibilité du continu permanent, sans en faire un assemblage de points simples, inétendus.

ordonnée associée à une idée d'unité. » Cfr. *Revue philosophique*, t. XLIII, 1897, p. 468.

Toutes ces formules n'expriment évidemment qu'un des multiples aspects de la quantité. Le puissant génie d'Aristote a su comprendre au contraire dans sa laconique définition tout ce qui présente un aspect quantitatif : nombre, multitude, étendue, temps et mouvement.

Les deux opinions comptent des défenseurs et des adversaires de marque. Aristote, saint Thomas, et, en général, les scolastiques anciens et modernes partagent la première [1]).

50. Preuve de la thèse. — Dans sa Physique, Aristote formule d'abord la thèse avec sa concision habituelle : « id quod infinitum dividi potest, continuum est » [2]). Le continu est divisible à l'infini. Il en donne ensuite une démonstration indirecte qui tend à établir l'impossibilité absolue de former de l'étendue avec des parties inétendues.

Supposez, dit-il, que l'extension résulte d'une union d'indivisibles.

De deux hypothèses, l'une : ou bien ces indivisibles s'unissent suivant un ordre de continuité parfaite, ou bien suivant un ordre de simple contiguïté. Une troisième hypothèse, d'après laquelle il y aurait un intervalle entre les points indivisibles, doit être rejetée, car entre deux points séparés l'un de l'autre il y a place pour une ligne étendue ; et le problème se poserait à nouveau. Or, ni l'une ni l'autre interprétation n'est admissible.

D'abord, les parties ne peuvent être continues.

Les éléments du continu se reconnaissent à un double caractère : ils ont chacun leur situation propre dans l'espace,

[1]) Cfr. S. Thomas, *Phys.*, Lib. VI, lect. 1. — P. de San, *Institutiones Metaphys. spec. Cosmologia*, p. 217. Louvain, Fonteyn, 1881. — Kleutgen, *La philosophie scolastique*, t. III, c. 4. Paris, Gaume, 1870. — Goudin, *Philosophie suivant les principes de saint Thomas*, t. I, q. 3 : « De la quantité ». — Schiffini, *Disp. Metaphys. spec.*, t. I, thesis 15ª. Augustae Taurinorum, J. Speirani, 1887. — P. Lahousse, *Praelectiones Metaphys. spec. Cosmologia*, pp. 197-207. Louvain, Peeters, 1887. — Mielle, *De substantiae corporalis vi et ratione*, p. 279. Lingonis, Rallet-Bideaud, 1894. — Pesch, *Institutiones phil. nat.*, 1 vol., p. 37, thesis 3ª. Friburgi Brisgoviae, Herder, 1897. — Willems, *Institutiones philosophicae*, vol. II, pp. 26-31. Treveris, Officina ad S. Paulinum, 1906 ; et multi alii. — Cfr. etiam Cartesius, *Princ. phil.*, p. II, n. 19, 20, 23 et 34.

[2]) Aristoteles, *Naturalis auscultationis*, Lib. III, c. I, 1.

mais leurs limites sont indistinctes. Sans la première condition, pas d'extension spatiale : à défaut de la seconde, la vraie continuité des éléments disparait au profit d'une simple contiguïté. Or les indivisibles n'ont pas de parties. Si leurs limites se confondent, eux-mêmes se compénètrent totalement. A deux éléments ainsi fondus dans un même point spatial, libre à vous d'en ajouter dix, vingt, cent autres. Tous se compénétreront de la même manière sans jamais donner naissance à l'extension.

En second lieu, les parties ne se prêtent pas davantage à un ordre de contiguïté.

Deux choses sont contiguës, lorsqu'elles se touchent en gardant leurs limites respectives.

Considérons deux points en contact immédiat. Ou bien une partie de l'un touche une partie de l'autre, ou bien une partie de l'un touche l'autre tout entier, ou bien ils se touchent selon la totalité de leur être.

Les deux premiers cas sont irréalisables, pour la raison qu'un indivisible n'a point de parties. Le dernier ne peut engendrer l'étendue, quel que soit le nombre de points surajoutés, car il est essentiel à une réalité étendue de répandre ses éléments dans des positions distinctes de l'espace [1]).

L'argumentation serrée du Stagirite échappe, croyons-nous, à toute critique directe. Aussi les adversaires de la doctrine aristotélicienne préfèrent s'en prendre à la doctrine elle-même ou à ses conséquences, plutôt qu'aux assises solides sur lesquelles elle repose.

Les objections qu'on lui a faites sont nombreuses. Examinons les principales.

51. **Première difficulté.** — La théorie du continu fut prise à partie dans l'antiquité par un philosophe resté célèbre, Zénon d'Élée.

[1]) Aristoteles, *Naturalis auscultationis*, Lib. VI, c. I, 1-4. — Cfr. S. Thomas, *Physic.*, L. VI, lect. 1 et 7.

Aristote nous a conservé les quatre arguments par lesquels le sophiste essaie de prouver l'impossibilité du mouvement. Deux d'entre eux, appelés respectivement la *dichotomie* et l'*Achille* — parce qu'à l'exemple du héros grec, ce dernier parut longtemps invincible ou mieux irréfutable — visent les partisans de l'espace et du temps continus, divisibles à l'infini. Les autres, connus sous le nom de la *flèche* et du *stade*, s'adressent aux défenseurs de l'espace et du temps discontinus, susceptibles seulement d'une division limitée [1]).

Les deux premiers seuls nous intéressent. Au cours de ces dix dernières années, ils furent l'objet de fréquentes et vives controverses, à propos de la question de l'infini.

La dichotomie. — Le mouvement, dit Zénon, est impossible. En effet, le mobile doit parcourir d'abord la moitié de son chemin avant d'en atteindre la fin. Ce qui est vrai du parcours total, l'est aussi du parcours de la moitié. Mais si, comme on le suppose, la longueur du chemin est divisible à l'infini, le mobile aura une infinité de milieux à traverser avant d'arriver au terme de sa course.

Or l'infini ne se laisse point épuiser par étapes successives.

La divisibilité sans limites du continu se trouve donc inconciliable avec la possibililité du mouvement.

L'Achille. — Placez deux corps à distance l'un de l'autre, mais dont le second est animé d'un mouvement beaucoup plus rapide que le premier. Vous supposez naturellement qu'ils finiront par se rencontrer. Erreur profonde dans l'hypothèse du continu.

En effet, l'un est en A, l'autre en B. Quelle que soit la rapidité de sa course, le second ne saurait arriver en B sans que le premier se soit déplacé et occupe une nouvelle position, par exemple C. Le deuxième corps continue son trajet

[1]) Aristoteles, *op. cit.*, L. V, c. 9.

et vient se placer en C ; mais pendant ce temps, le premier est parvenu à atteindre la position D. Soumettez le parcours à des divisions toujours renaissantes ; l'écart entre les deux corps pourra diminuer, mais jamais disparaître.

La rencontre est donc impossible, si le fractionnement du continu n'a point de limites.

52. **Critique des arguments de Zénon.** — L'Achille, comme le dit lui-même Aristote, est une forme « plus pompeuse et plus tragique » de la dichotomie. En réalité, les deux arguments ont une même tendance et reposent sur la même idée : établir l'impossibilité du mouvement en partant de l'hypothèse que toute grandeur finie comprend une infinité de points à traverser. L'hypothèse admise, la conclusion s'impose : on n'épuise point l'infini en un temps fini [1]).

Où se trouve le vice radical de cette argumentation ?

[1]) Avant d'aborder cette réfutation directe, le Stagirite avait essayé d'une réplique « ad hominem ».

De ce que toute grandeur finie, dit-il, renferme une multitude infinie actuelle de parties, vous concluez qu'il faudrait un temps infini pour la parcourir. De quel droit ? Le temps n'est-il pas aussi une espèce de continu ? Dès lors, toute quantité finie de temps ne contient-elle pas, au même titre, une multitude infinie d'instants ? Bien que finies toutes les deux, la grandeur temporelle et la grandeur spatiale peuvent donc se superposer, car il n'y a pas de contradiction à soutenir qu'un infini mesure un autre infini. Cfr. *op. cit.*, Lib. VI, c. 1, 9.

Comme argument « ad hominem », la réplique d'Aristote est irréprochable. Il s'agissait de savoir s'il suffisait d'un temps fini pour parcourir une multitude infinie. Au point de vue doctrinal, elle laissait subsister la difficulté réelle : celle d'épuiser successivement l'infini en acte de la durée. C'est, d'ailleurs, la critique qu'en a faite lui-même l'auteur. Cfr. Lib. VIII, c. 8, 5 : « Verum haec solutio adversus interrogantem satisfacit : interrogabatur enim an tempore finito possint infinita pertransiri, vel numerari. Quod autem ad rem et ad veritatem attinet, non satisfacit. Nam si quis omissa longitudine, et interrogatione illa an finito tempore possint infinita pertransiri, percontetur haec de ipso tempore (habet enim tempus infinitas divisiones), haec solutio non amplius satisfaciet. »

Dans la confusion de deux quantités essentiellement distinctes, la quantité *continue* et la quantité *discrète* [1]).

La première est une grandeur, une étendue dont la propriété caractéristique est d'être *mesurable*. La seconde constitue une *multitude actuelle*. Dans l'espèce, il s'agit uniquement de la première qui ne comprend en soi aucune division réelle. Si donc l'espace à parcourir est de dix mètres et que l'unité de vitesse du mouvement continu est de cinq mètres à la seconde, il suffit de lui appliquer deux fois la mesure pour en épuiser la grandeur. En deux secondes cet espace sera parcouru.

Ces deux continus, dira-t-on, dix mètres et deux secondes sont cependant divisibles à l'infini ?

Soit. Mais avant de parler de multitude, il faudrait que la division fût faite — *numerus sequitur divisionem*. — Or, par hypothèse, l'extension ou le continu est une longueur non fractionnée. On peut la diviser et prolonger bien loin la division par la pensée ; mais par hypothèse encore, cette division donnera toujours un nombre fini de parties de plus en plus petites d'un espace et d'une durée finis [2]).

53. **Instances.** — La solution aristotélicienne ne paraît pas satisfaisante à M. Lechalas.

« Si nous supposons en effet, dit-il, qu'un point réel parcourt un segment de ligne, nous sommes en présence d'un mouvement en acte, et lorsque ce point passe au milieu de la ligne, la division de celle-ci est un fait actuel ; il en est de même pour toute autre position du point, et par suite, si son mouvement est continu, on est obligé d'admettre un nombre

[1]) A lire une critique de la solution aristotélicienne par Julius Fischer, *Zum Raum und Zeitproblem (Archiv für system. Philosophie*, X. Band, 1904). L'erreur de cet auteur consiste dans une perpétuelle confusion entre l'infini actuel et l'infini en puissance qui est, en réalité, le fini susceptible d'accroissement progressif illimité.

[2]) Aristoteles, *Naturalis auscultationis* L. VIII, c. 8.

infini de divisions *en acte* du segment considéré. Ceci suppose, bien entendu, qu'il s'agisse d'un mouvement réel » [1]). La distinction d'Aristote entre l'acte et la puissance n'est donc pas pertinente.

Nous aborderons bientôt l'examen détaillé de cette nouvelle difficulté. A ce moment, qu'il nous suffise de répondre au savant mathématicien que la génération d'une ligne par le mouvement continu d'un point est une fiction mathématique, irréalisable en fait [2]).

Pour M. Évellin, Zénon d'Élée aurait prouvé d'une façon définitive, que dans l'hypothèse de la divisibilité sans limites le repos est la loi absolue de l'être.

« Chaque moment du mouvement doit être un progrès, et il n'est progrès que dans l'épuisable et le fini ; voilà ce que la dichotomie montre aux yeux. Supposons pourtant que, par impossible, l'infini s'épuise, et que chaque progrès soit un infini épuisé ; la différence des vitesses s'expliquera alors par un nombre plus ou moins grand d'infinis épuisés en même temps. Eh bien ! pour que les mobiles animés de ces vitesses puissent enfin se rencontrer, il faudra supposer l'épuisement, non pas d'infinis en nombre donné, mais d'une infinité d'infinis » [3]).

Reprenons l'argument.

Toute partie du mouvement marque un progrès et tout progrès suppose l'épuisable, le fini. D'accord. Pourquoi ajoutez-vous qu'il en est ainsi de tout *moment* du mouvement ? Par ce terme de *moment* introduit dans la majeure, ne faites-vous pas entrer dans le continu, le nombre, la multitude actuelle, bref les indivisibles ? Or c'est tout juste le point en litige !

[1]) Lechalas, *Étude sur l'espace et le temps*, p. 191. Paris, Alcan, 1896. — Cfr. nouvelle édition, c. 8, 1910.

[2]) Cfr. n. 55, pp. 90-91.

[3]) Évellin, *La divisibilité dans la grandeur* (*Revue de métaphysique et de morale*, 1894), p. 134.

Assurément, une fois posée cette prémisse, il devient très aisé d'en tirer des conclusions plus absurdes les unes que les autres et de les mettre au compte des partisans de l'extension continue. Mais ceux-ci ne rejettent-ils pas expressément ce qui fait la base de tout ce raisonnement? Pour nous, le mouvement et la longueur jouissent d'une réelle continuité et d'une véritable unité. S'il nous est permis d'y introduire par la pensée le multiple, d'y concevoir des moments indivisibles, nous ne pouvons oublier que ce jeu fantaisiste de l'esprit ne saurait atteindre la nature du tout continu ni en épuiser la divisibilité infinie.

Le moment dont il s'agit n'a donc de place, ni dans le mouvement, ni dans la longueur, puisque son existence est tout idéale.

Cependant, dira-t-on encore, le déplacement d'un corps est une série de progrès !

Oui, si l'on entend par là l'épuisement progressif, ininterrompu d'une extension finie que l'on divise mentalement en autant d'unités de mesure qu'on désire. Non, si l'on désigne par le mot « série » une multitude infinie d'instants ou de moments réels [1]).

54. **Deuxième difficulté.** — « Serait-il possible, écrivait Cauchy, que les derniers éléments des corps ne fussent pas

[1]) Plusieurs mathématiciens ont tenté de réfuter les arguments de Zénon par des considérations d'ordre mathématique.

Citons entre autres : MILHAUD *(Revue philosophique*, n° 187).— FRONTERA, *Étude sur les arguments de Zénon d'Élée contre le mouvement*. Paris, Hachette, 1891. — G. MOURET, *Le problème d'Achille (Revue philosophique*, 1892), p. 67. — Le succès de ces généreux efforts nous paraît très problématique. Tandis que M. Frontera passe d'une série à sa limite sans songer que là gît la difficulté signalée par Zénon, d'autres voient dans ces arguments une critique des séries convergentes ou du principe fondamental du calcul infinitésimal, ce qui est aussi bien contestable.

Voir aussi la solution proposée par BERGSON, *L'évolution créatrice*, pp. 333-340. Paris, Alcan, 1908.

Jusqu'ici la solution aristotélicienne semble être la seule décisive.

simples, ou que dans un morceau de matière, l'on dût voir un composé qui n'aurait pas de composants [1]) ? » Tel fut aussi à peu près le langage de Leibniz, le père du dynamisme et l'inventeur des monades [2]). « Une loi essentielle de la raison, dit Évellin, nous contraint, le tout posé, à poser les éléments, comme la vraie raison d'être du tout, comme la trame même qui le crée et le constitue » [3]).

En dernière analyse, tout composé tire son origine de composants simples, car reculer la question ne serait pas la résoudre. Or l'étendue est un composé, puisqu'on peut la fractionner. Donc elle résulte, elle aussi, de l'union de points simples indivisibles [4]).

Tout composé présuppose ses constitutifs ; telle est la proposition fondamentale de cette nouvelle critique.

Distinguons d'abord trois espèces de composés.

1° Les uns ont pour loi de formation l'agrégation successive des parties qu'ils contiennent ; leur unité est accidentelle. Tel est un monceau de pierres réunies par la main de l'homme. D'évidence, les éléments précèdent dans ce cas, d'une priorité temporelle ou au moins logique, la constitution du tout. Cette sorte de composition ne regarde pas l'étendue, qui n'est point une quantité discrète mais continue.

2° D'autres sont formés de parties actuellement distinctes les unes des autres, mais si étroitement unies, qu'elles donnent naissance à une véritable individualité : tel est, par exemple,

[1]) *Sept leçons de physique générale*, p. 36.

[2]) Œuvres philosophiques de Leibniz : *Monadologie*, nos 2 et 3.

[3]) Évellin, *art. cité*, p. 130.

[4]) « Que peut-il y avoir de raisonnable, écrit Ubaghs, dans une théorie qui ne vous présente que des composés dont les composants, comme des ombres fugitives, vous échappent sans cesse à mesure que vous croyez en approcher ? » *Du dynamisme considéré en lui-même*, etc., p. 35. Louvain, 1852. — Cfr. Balmès, *Philosophie fondamentale*, t. II, liv. 6, c. 3, p. 390. Liége, Lardinois, 1852.

le composé substantiel de matière et de forme. Ces deux principes constituent l'être corporel ; ils sont essentiels à son existence, mais il ne leur est pas essentiel d'avoir dans leur réalité propre la composition qui caractérise le tout. Ici encore les éléments contribuent à la formation du composé, à titre de causes réelles, et doivent le précéder d'une priorité de concept ou de nature.

3° Une troisième espèce nous est donnée dans l'étendue. Quelle en est la composition ?

A parler rigoureusement, l'étendue ne mérite point le nom de *composé*. On n'y trouve pas en effet d'éléments distincts, actuellement circonscrits par des limites propres.

On ne peut davantage la concevoir comme le résultat final d'une agrégation progressive de parties, qui se seraient mêlées et fondues en un tout sans division ; les parties n'ont jamais préexisté à la réalisation du continu, pour le motif que le continu se forme d'un coup avec sa nature propre, son être indivis mais divisible.

Bien plus, la composition actuelle suit ici l'unité, car on la fait naître en brisant la continuité.

L'étendue, il est vrai, s'appelle *composé potentiel*, en ce sens que le fractionnement engendre la multiplicité. Mais de nouveau, cet état de composé potentiel n'est pas un caractère accidentel et surajouté aux parties possibles ; il en exprime au contraire la nature intime, puisque tout élément du continu est lui-même essentiellement composé. A chacun d'eux appartient l'infini de division.

Le multiple en puissance s'identifiant avec l'être intime de chacun des produits du fractionnement, ne possède donc sur eux aucune antériorité de temps ou de nature. De ce double point de vue, la fausseté de la majeure précitée devient manifeste [1]).

[1]) P. DE SAN, *Institutiones metaphys. specialis*, p. 220. Louvain, Fonteyn, 1881.

55. **Troisième difficulté.** — A l'effet d'établir les définitions génétiques de certains éléments de la géométrie, parfois aussi dans le but d'en faire mieux saisir la rigoureuse continuité, les mathématiciens recourent souvent à une fiction que l'on a traduite en fait. Le point en mouvement, dit-on, engendre la ligne ; la ligne en mouvement engendre la surface ; et le mouvement de la surface produit le solide [1]).

Donc toute étendue, quelle qu'en soit la forme, est un complexus de points simples.

Cette fiction n'est pas pour nous déplaire. Nous y voyons même un instrument utile et fécond, pourvu qu'on en réserve l'emploi aux mathématiques pures. Saint Thomas la connaissait et en fait souvent usage pour élucider le concept logique de l'étendue. « Sciendum est, dit-il, quod nos debemus imaginari punctum, quod est indivisibile in linea, moveri, et motu suo causare lineam, et lineam motam causare superficiem, et superficiem motam causare corpus. »

Mais ce maître de la pensée avait soin d'ajouter que cette représentation imaginative est sans application possible au monde réel. « Quibus sic causatis et imaginatis, *licet non ita sit realiter*, intelligimus praedictam definitionem » [2]).

L'examen attentif du fait nous montrera combien est fondée cette prudente réserve.

La ligne se définit : une simple longueur ininterrompue. Une ou plusieurs interruptions nous donneraient plusieurs lignes dont chacune vérifierait pour son compte la définition donnée. De là, la nécessité pour les parties de la ligne de confondre leurs limites et de former ainsi un tout continu, ou du moins de s'agencer suivant un ordre de contiguïté parfaite qui ne laisse subsister entre elles aucun intervalle.

Cela posé, à quelle condition le point pourra-t-il engendrer une ligne ?

[1]) ÉVELLIN, *art. cité*, p. 133. — LECHALAS, *ouv. cité*, p. 155, nouvelle éd. c. 8, 1910.

[2]) S. THOMAS, opusc. I : *Logicae Summa*, tract. III, c. 3.

A la condition qu'à toute partie de son mouvement corresponde une position spatiale nouvelle, contiguë à la précédente, mais en dehors d'elle. Sinon, le point resterait immobile, ou son trajet serait discontinu.

Or, il est impossible de concilier le mouvement d'un point avec ces exigences.

En effet, deux positions contiguës, occupées par des points, sont indivisibles comme les points qui les occupent. Si elles sont en contact immédiat, elles se touchent selon toute la réalité de leur être, puisqu'elles n'ont pas de parties potentielles, et ces deux positions n'en font qu'une seule.

Ainsi en sera-t-il des autres qu'il nous plaira de concevoir. Toutes viendront se fusionner en un même point, conformément à la loi qui régit le contact immédiat des indivisibles.

Pour se soustraire à cette conséquence, inutile de supposer, comme l'ont fait certains mathématiciens, des intervalles réels entre les parties successives du mouvement, et d'attribuer au point la faculté de bondir de l'une à l'autre sans passer par le milieu [1]).

D'abord ce serait sortir de la question ; il s'agit en ce moment de la genèse du continu.

Et puis, ce saut brusque du point qui bondit d'une position à une autre éloignée, sans passer par l'intervalle qui les sépare, n'enveloppe-t-il pas un mystère mille fois plus profond que la continuité de l'étendue ?

Entre les deux hypothèses, le choix cependant s'impose.

56. Quatrième difficulté. — Cette objection vise spécialement la divisibilité illimitée de la grandeur.

S'il n'est pas au pouvoir de l'homme d'atteindre le terme de ce fractionnement possible, au moins il est au pouvoir de

[1]) LECHALAS, *Étude sur l'espace et le temps*, p. 155, nouvelle éd., c. 8, 1910.

Dieu de briser d'un coup tous les liens internes du continu et de mettre en liberté les éléments qu'il renferme.

Supposé que cette division se fasse, quel sera le caractère des parties obtenues ? Les dira-t-on étendues ? Non ; car dans ce cas, contrairement à l'hypothèse, la division ne serait pas achevée.

Reste donc à les regarder comme des éléments simples, indivisibles, à faire de l'indivisibilité le caractère essentiel des constitutifs ultimes de toute grandeur.

Dans ce nouvel argument, nous nions simplement la possibilité de l'hypothèse.

Assurément, la puissance divine s'étend à tout ce qui est intrinsèquement possible, mais elle s'arrête aux contradictoires, parce qu'il répugne à une activité positive d'avoir pour terme le néant.

Or, la division totale présuppose, dans l'étendue, l'existence d'une propriété qui est la négation même de sa nature. Il est contradictoire de vouloir construire le continu avec des indivisibles qui se touchent ; il ne l'est pas moins de prétendre le réduire en indivisibles. En effet, toute partie d'une grandeur donnée a pour propriété essentielle d'envelopper une multiplicité en puissance. Nier cette propriété ou supposer la division achevée, c'est nier l'étendue qu'il s'agit d'expliquer.

Ces matières sont troublantes. Tâchons d'éclaircir notre pensée par un exemple.

Voici une ligne d'un mètre de longueur. Admettons que le Créateur en brise subitement tous les liens internes, et que la totalité des parties soit rendue indépendante.

Ces éléments simples se touchent-ils ? Impossible : puisque des indivisibles en contact immédiat se compénètrent totalement, la ligne entière se condenserait en un point mathématique.

Force est donc de les supposer échelonnés, à distance les uns des autres, sur la longueur du mètre. Mais alors la division veut être continuée, car entre deux points successifs séparés existe un fragment étendu de la ligne qui n'a pas encore été

divisé. La division s'achève. La même question se pose derechef : toutes les parties possibles sont-elles en contact ou à distance ? Pour ne pas supprimer la ligne, il faut bien choisir la distance et soumettre les intervalles restants à une troisième division.

Mais à quoi bon reculer toujours ? N'est-il pas évident que l'hypothèse d'un fractionnement complètement effectué, nous place dans une voie sans issue où chaque pas nous montre l'impossibilité métaphysique d'atteindre le but désiré, c'est-à-dire l'épuisement total du continu ?

57. **Cinquième difficulté.** — Partisan convaincu de la doctrine aristotélicienne, le P. Lepidi se refuse cependant à en admettre la conséquence inéluctable, à savoir, la divisibilité sans fin du continu. Selon lui, l'extension ne contient que des parties étendues, mais au delà d'un certain degré d'atténuation, ces parties cessent de se prêter à un fractionnement ultérieur. Ce sont, comme il les appelle, de vrais indivisibles-étendus.

La nécessité, dit-il, de fixer une limite à la division s'impose, si l'on ne veut introduire dans le tout de la grandeur une multitude infinie en acte. D'autre part, l'indivisibilité des éléments ultimes se concilie avec leur extension si l'on tient compte que la division porte non seulement sur la quantité, mais aussi sur la substance de l'être quantifié. De ce chef, il peut y avoir obstacle au fractionnement. Il suffit que sous son étendue minime, l'être lui-même n'offre plus de parties intégrantes [1]).

Il existe, croyons nous, dans la théorie du savant Dominicain plusieurs erreurs.

« Toutes les parties d'une grandeur donnée, dit-il, se distinguent les unes des autres, et jouissent, antérieurement à la

[1]) P. Lepidi, *Elementa philosophiae christianae*, t. III, pp. 98 et seq. Louvain, Peeters, 1879.

division, d'une complète actualité. Leur nombre est donc infini, si la divisibilité n'a point de terme.

Cette conséquence est évidemment inadmissible : mais elle nous fournit une preuve manifeste de la fausseté de l'hypothèse qui y conduit. Au lieu de faire du continu un multiple actuel, admettez avec Aristote sa rigoureuse unité jointe à une multiplicité purement potentielle et vous écartez l'épouvantail de l'infini en acte : l'infini de division ne pouvant être réalisé, même par Dieu.

De cette première erreur en est résultée une seconde : l'indivisibilité du continu. C'est, à notre avis, la conciliation des contradictoires que notre contradicteur a tenté de résoudre. Pas d'étendue sans une pluralité possible ou actuelle de parties. Or, dans toute réalité multiple, il y a nécessairement place pour une division à tout le moins mentale.

On ajoute que la substance y met obstacle. Que vient faire ce facteur étranger à la question ? Ne s'agit-il pas uniquement du continu en soi, abstraction faite de la nature de son support connaturel ?

Qu'il y ait dans la substance une cause limitative du fractionnement, Aristote, saint Thomas [1]), les scolastiques à l'unanimité l'admettaient, — ce qui ne les a pas empêchés de maintenir la divisibilité illimitée de l'extension mathématique. Qu'on ne l'oublie pas, celle-ci seule est l'objet de la discussion présente.

Au surplus, nous ne comprenons pas qu'une substance affectée d'étendue, si réduite qu'elle soit, puisse s'opposer à la division pour le motif qu'elle n'aurait plus en elle-même de parties intégrantes.

Pour qui regarde la quantité comme la cause formelle de

[1]) S. THOMAS, *De sensu et sensato*, lect. 15. « Corpus mathematicum est divisibile in infinitum in quo consideratur sola ratio quantitatis in qua nihil est repugnans divisioni infinitae. Sed corpus naturale, quod consideratur sub tota forma, non potest in infinitum dividi, quia quando ad minimum deducitur, statim propter debilitatem virtutis convertitur in aliud. »

la composition quantitative du corps, il semble d'une impossibilité métaphysique que les parties intégrantes de la substance ne correspondent pas adéquatement aux parties intégrantes de l'extension [1]).

2me Question : Les parties du tout continu sont-elles en acte ou en puissance ?

58. Portée de cette thèse. — Afin d'éviter les malentendus, fixons d'abord le sens de la question.

D'évidence, la *réalité* des parties que peut engendrer le fractionnement d'une extension donnée est actuelle, ou préexiste à la division réelle ou mentale. La réalité d'un tout continu équivaut exactement à la somme des réalités de ses éléments constitutifs ; l'actualité de l'un se mesure à l'actualité des autres.

Mais le concept de *partie* est double. Avec la notion d'une chose positive et réelle, il contient aussi l'idée de *limite*. Toute partie, au sens propre du terme, désigne une chose limitée ou circonscrite. Or, doit-on concevoir la limite sous la forme d'une petite entité indivisible, rivée à tout élément fini pour en circonscrire le champ d'extension ? Ou bien faut-il y voir la simple négation d'un prolongement, d'une extension ultérieure qui, sans rien introduire de réel dans l'être limité, nous indique cependant les bornes de son domaine spatial ? Il y a place, on le voit, pour deux opinions bien distinctes.

Quoi qu'il en soit de cette divergence de vues au sujet de la nature de la limite, les philosophes s'accordent à ne regarder comme *actuelles* que les parties affectées de limites

[1]) Tel est l'avis de saint Thomas. Dans le texte précité, s'il impose des limites à la division du corps, ce n'est point dans l'absence de parties qu'il en place la raison, mais bien dans la nécessité pour l'être corporel de se transformer en un corps nouveau, lorsque sa masse n'est plus en rapport avec ses exigences naturelles.

propres. A cette condition seulement les parties possèdent un territoire réservé et se distinguent en fait les unes des autres. Par contre, si cette délimitation n'a pas lieu, tous les éléments de l'étendue restent indistincts, forment une unité réelle où la multiplicité ne pénètre qu'à la suite d'une division réelle ou mentale. En un mot, à défaut de limites propres, les parties se trouvent dans un état purement potentiel.

Le problème posé revient donc à celui-ci : Antérieurement à toute division, les éléments du continu sont-ils affectés de limites individuelles qui les rendent objectivement distincts les uns des autres ; ou bien n'acquièrent-ils ces limites que par le fractionnement ?

Avec Aristote et saint Thomas, nous souscrivons à cette dernière hypothèse.

59. Preuve de la thèse : Les parties intégrantes de l'étendue ne jouissent pas d'une actualité propre ; elles s'y trouvent seulement en puissance. — A en juger par l'énoncé du problème, l'existence ou la non-existence des limites au sein du continu est le point cardinal de la discussion.

Or, chez nos adversaires nous rencontrons deux opinions diverses sur la *nature* de la limite. Notre tâche sera donc de montrer que ni l'une ni l'autre de ces conceptions n'est applicable aux éléments constitutifs du continu réel.

1° Les uns n'accordent à la limite, entendue au sens formel du mot, aucune réalité positive ; ils la définissent : la simple négation d'une extension ultérieure. Selon les partisans de cette définition, qui nous semble d'ailleurs très correcte, toutes les parties d'une grandeur donnée se trouvent en contact immédiat, mais possèdent chacune une situation spatiale propre nettement définie.

A cette première catégorie d'antagonistes posons la question suivante : Dans une surface d'un centimètre carré, com-

bien y a-t-il de parties actuellement distinctes ? Les éléments intégrants qui y sont contenus forment-ils un nombre fini ou une multitude infinie ? Une fin de non-recevoir serait non avenue, car des éléments distincts sont des unités susceptibles de sommation.

Choisit-on la première alternative, à savoir, celle du nombre fini, on se voit contraint d'imposer des bornes à la divisibilité du continu et de le réduire à une collection de points simples, inétendus ; nous l'avons montré plus haut, l'unique raison pour laquelle les parties deviennent réfractaires au fractionnement réside dans leur simplicité ou leur inextension [1]).

Préfère-t-on la seconde alternative, on pose du même coup l'infini en acte dans une grandeur finie, ce qui est une contradiction manifeste. Comme le dit Évellin, « il n'est pas de partie si petite qu'on la suppose, pourvu qu'elle soit supérieure à 0, qui, répétée à l'infini, n'engendre une quantité supérieure à toute valeur assignable » [2]).

2° D'autres philosophes attribuent à la limite une réalité propre ; ils la regardent comme un indivisible réel, interjeté entre les parties consécutives du continu.

Cette hypothèse renchérit encore sur les difficultés de la première. Si les éléments et leurs limites sont en multitude illimitée, toute grandeur finie se compose de deux multitudes actuellement infinies de parties. De plus, à supposer que les éléments de la grandeur gardent une certaine extension, l'infini actuel qui en forme la collection pourrait encore s'accroître par la division des parties étendues, à moins de le résoudre finalement en indivisibles.

Si l'on veut, au contraire, limiter le nombre des éléments et de leurs limites, on fixe un point d'arrêt à la divisibilité du

[1]) Cfr. n°s 49 et suiv.

[2]) Évellin, *La divisibilité dans la grandeur (Revue de métaphysique et de morale,* 1894), p. 130.

continu, ce qui revient à le faire naître d'un nombre fini de points simples.

De toute manière, le continu s'évanouit dès qu'on introduit l'actualité ou la distinction réelle dans ses parties intégrantes [1]).

60. Nature des limites externes. — Toutefois, on ne peut le méconnaître, une grandeur finie, bien qu'indivise en elle-même, a des contours nettement déterminés, des limites

[1]) Pour certains auteurs, entre autres Liberatore, ni la distinction actuelle ni la distinction purement potentielle ne résolvent le problème troublant du continu. Ce sont là deux solutions extrêmes qui prêtent le flanc à d'inextricables difficultés. La vraie solution consiste à placer entre les parties du continu une distinction *actuelle*, mais *incomplète*.

« Pour que la distinction fût complète, dit Liberatore, il faudrait que chacune des parties eût ses limites propres. Or il n'en est pas ainsi dans le tout de la grandeur. Les éléments réalisent bien entre eux un ordre d'extraposition, mais ils restent enchaînés les uns aux autres de manière que la limite de l'un soit à la fois le commencement de l'autre. Ils ont une subsistance commune qui sauvegarde l'unité réelle de l'ensemble. On y reconnaît par conséquent une vraie actualité, puisqu'ils ne se confondent pas avec le tout, et en même temps une réelle potentialité que dénote l'absence de division. » Cfr. LIBERATORE, *Institutiones metaphysicae*, t. II, p. 73. Prati, 1883.

A notre avis, cet essai de conciliation complique le problème de difficultés nouvelles, ou ne parvient à les éviter qu'en renouvelant sous une forme moins heureuse la théorie thomiste que nous venons d'exposer.

La distinction des parties, dit le savant Jésuite, est *actuelle*, c'est-à-dire que dans l'objet lui-même et antérieurement à toute opération mentale, l'une n'est pas l'autre ; le mot n'a pas en effet d'autre sens recevable.

Or une distinction actuelle, indépendante de nous, réalisée dans le monde des existences, ne peut s'établir qu'entre choses diverses. Elle suppose nécessairement une pluralité réelle, une multitude actuellement définie, — hypothèse qui conduit à de véritables absurdités.

Veut-on dire peut-être que la réalité seule des parties est actuelle dans le continu ? Mais ce point n'est pas en litige, car il est évident pour tout le monde que la réalité d'une grandeur donnée résulte uniquement de la réalité de ses éléments constitutifs.

Pour être actuelle, ajoute l'auteur, la distinction n'est cependant pas complète : en d'autres termes, deux parties consécutives étant toujours liées entre elles par des limites communes ne peuvent engendrer une multitude définie, attendu que celle-ci suit la division.

De nouveau, vaine échappatoire. Le multiple existe, là où se rencontrent

actuelles. Ces limites extrinsèques que sont-elles ? N'y a-t-il pas lieu de les regarder comme des indivisibles réels ? D'aucuns l'ont prétendu, à tort, croyons-nous [1]).

Une étendue quelconque se circonscrit par le fait même qu'elle cesse de se prolonger. Au sens formel du mot, la limitation résulte de la négation pure et simple d'un au-delà réel. Elle n'exerce donc aucune influence sur le caractère ou la nature des parties qui constituent la chose limitée. Or, puisque toute partie potentielle d'une extension donnée se prête à une divison sans fin, ne serait-il pas illogique de soustraire à cette règle celles qui en forment les limites ultimes ?

On peut assurément les appeler *indivisibles*, lorsque, au lieu de considérer la réalité étendue qui cesse de s'accroître, on ne regarde que la négation même d'une extension ultérieure ; de ce point de vue la division devient impossible, faute de sujet réel divisible. Mais les choses changent d'aspect si on envisage le côté interne de la limite. Nous trouvons alors le domaine de l'étendue avec sa divisibilité illimitée.

61. Solution de quelques difficultés. Première objection. — Le tout du continu, disons-nous, est le tout d'un nombre, mais d'un nombre seulement en puissance qui ne

des choses qui, sans l'intervention d'un agent extrinsèque, diffèrent l'une de l'autre, et il est faux que pour le faire naître il faille une division entendue dans le sens d'une séparation réelle. Deux éléments contigus, directement unis, constituent deux réalités distinctes.

Dès lors, ou bien les limites communes dont il est question forment un indivisible réel, et dans ce cas les parties sont suffisamment divisées pour engendrer un nombre. Ou bien les limites réelles sont elles-mêmes divisibles, comme d'ailleurs toutes les réalités du continu ; alors la distinction des parties existe seulement à l'état potentiel.

En dehors de cette double hypothèse, on pourrait supposer encore que les éléments de la grandeur se trouvent associés suivant un ordre de contiguïté. Mais cette troisième supposition, l'auteur lui-même en convient, brise l'unité du continu, qu'il faut à tout prix sauvegarder.

[1]) Cfr. Goudin, *Philosophie suivant les principes de saint Thomas*, t. II, p. 545. Paris, Poussielgue, 1864.

sera donné qu'après une division réelle ou une opération ultérieure et accidentelle de la pensée.

Cette distinction entre le divisé et le divisible d'où dépend la solution du problème, est importante, dit M. Évellin, mais sans usage dans le cas présent. « Lorsqu'il s'agit d'un tout idéal défini, la possibilité intrinsèque se confond avec l'existence. On s'imagine faire passer à l'acte des parties qu'on croit virtuelles. Virtuelles, non, c'est *latentes* qu'il faudrait dire ; ajoutons, déterminées en elles-mêmes bien que latentes. Il n'en faut pas davantage pour qu'elles soient, car elles n'ont d'autre réalité possible, eu égard à leur essence, que cette détermination même, détermination invisible mais certaine » [1]).

A l'effet d'amener de la virtualité à l'existence les éléments du continu, le philosophe français pose en fait l'identité de deux choses bien distinctes : la réalité de la partie et sa limite.

Les éléments de la grandeur, dit-il, sont déterminés en eux-mêmes, ils existent mais à l'état latent. Proposition vraie, s'il s'agit de l'entité réelle des parties ; fausse au contraire ou du moins arbitraire, si l'on veut désigner par là l'existence de limites propres qui donneraient à chacune des parties une individualité déterminée.

Toute la question revient à savoir si les limites précèdent ou suivent la division, car nul ne doute que l'être des parties soit aussi actuel que l'être total de la grandeur. Or pour être totalement déterminées quant à leur entité positive, il ne suit nullement qu'elles le soient quant à leurs contours respectifs. M. Évellin l'affirme en termes voilés, mais sans en donner aucune preuve.

Ainsi en est-il d'une seconde objection qu'il soulève contre l'existence potentielle des parties du continu.

62. Deuxième objection. — « Il n'est nullement nécessaire, ajoute le même auteur, que l'entendement distingue

[1]) Évellin, *La divisibilité dans la grandeur (Revue de métaphysique et de morale,* 1894), t. II, p. 133.

les parties pour qu'elles soient. Il suffit qu'*a priori* et avant toute opération de la pensée, elles existent comme *possibilités intrinsèques* de division. Or rien n'est moins douteux dans le défini. Comment admettre en effet que ces possibilités soient en nombre égal, s'il s'agit d'un millimètre ou d'une longueur égale à l'axe terrestre ? La grandeur, dès qu'elle est donnée, se trouve, par là même, arrêtée dans son progrès ; elle ne peut ni se condenser, ni se dilater au gré de l'esprit » [1]).

Ici de nouveau l'actualité des parties que l'on veut coûte que coûte introduire dans le continu, fait le fond de l'objection. Renoncez à cette supposition et l'apparente contradiction disparaît. Si les éléments de la grandeur ne sont pas en acte, et s'il existe d'autre part une impossibilité absolue à ce que la division s'achève un jour, la loi de divisions toujours renaissantes s'applique aussi bien au millimètre qu'à l'axe terrestre.

Est-ce à dire que les parties correspondantes du fractionnement seront égales en grandeur dans les deux cas ?

Non, sans doute. Mais dans les deux cas, au delà du nombre fini des parties actualisées et toujours décroissantes en extension, il y aura la possibilité de pousser plus loin la division, sans espoir de la terminer jamais. Où gît la contradiction ?

Au point de vue du résultat final, qu'importe la grandeur initiale ? Dans l'hypothèse d'un fractionnement illimité, sera-t-on plus près du but en divisant le millimètre qu'en fractionnant le méridien de la terre ?

L'exemple allégué n'est embarrassant que pour les partisans de l'actualité des parties. Notre théorie, au contraire, y trouve une confirmation nouvelle.

63. Troisième objection. — Voici un corps rectangulaire que je tiens dans la main. Sans que j'y introduise par la pensée aucune division, ne comprend-il pas des parties actuelle-

[1]) Évellin, *art. cité*, p. 133.

ment distinctes les unes des autres? N'y distinguons-nous pas le haut et le bas, un côté gauche et un côté droit, une partie antérieure et une partie postérieure? L'intelligence ne projette point cette distinction sur l'objet. La preuve en est qu'il nous est interdit de substituer ces dénominations les unes aux autres aussi longtemps que le corps ne change pas de position.

Avant d'aborder la solution directe de la difficulté, remarquons le caractère *relatif* de ces appellations.

Dans l'objet placé devers moi, la face qui me regarde est bien antérieure relativement à la face opposée. Le contraire se vérifie pour celui qui se trouve derrière l'objet.

De même, retournez le corps sur lui-même sans lui faire subir aucun changement, le haut devient le bas, la partie gauche prend la place de la partie droite.

On le voit, ces dénominations dépendent de la relation des parties considérées avec un terme extrinsèque. Aussi en éprouvent-elles fatalement toutes les vicissitudes.

Or, cette relativité établie, le fait allégué s'accorde sans peine avec l'unité réelle du tout continu.

Les divers rapports que nous constatons entre le corps rectangulaire et le terme extérieur de comparaison prouvent que l'intelligence a ici sa part d'intervention, qu'elle est réellement l'agent diviseur. C'est elle qui trace, pour établir ces rapports, les lignes précises de démarcation dans l'unité indivise de la grandeur.

Lorsqu'elle appelle, par exemple, antérieure la partie du solide rectangulaire qui me regarde, elle ne se borne point à considérer l'aspect purement négatif de la surface, la simple cessation d'une extension ; car cette idée, vide de toute réalité positive, serait impossible. La surface réelle et concrète, voilà l'objet de sa perception. Or toutes les parties qui y aboutissent sont enchaînées d'une manière continue à toutes les autres parties du corps, de sorte que, vue de l'intérieur, cette masse ne présente aucune délimitation interne actuelle. Que fait

l'intelligence ? Elle arrête, aux quatre lignes terminales du rectangle, le progrès du continu et fixe du même coup les contours de la surface antérieure. Le virtuel devient actuel. La même opération mentale se renouvelle pour les autres parties, et les distinctions se multiplient sous l'influence de ce travail intellectuel.

64. **Instance.** — On dira peut-être : la relativité de toutes ces appellations n'élimine point toute difficulté. Placé devant un même point de comparaison, le même objet reçoit simultanément des dénominations diverses, opposées l'une à l'autre. Le haut, le bas, la droite et la gauche ne sont jamais convertibles en même temps. L'intervention de l'esprit se trouve donc ici liée à des conditions objectives diverses qu'elle doit respecter. Ne faut-il pas que dans le continu certaines distinctions réelles de parties devancent l'action de l'intelligence ?

Sans doute, aux diverses relations simultanées dont une grandeur est le point d'appui, doivent correspondre des fondements divers. Mais il n'est nullement besoin de dépouiller le continu de son unité réelle pour découvrir des bases objectives à ces rapports multiples.

Il est en effet essentiel au tout continu de s'étendre dans l'espace, de manière que chacune de ses parties possibles occupe une position qui n'appartienne à aucune autre.

Pour que ces positions se distinguent actuellement l'une de l'autre, il suffit de les délimiter, de les circonscrire par une désignation extrinsèque. Cette délimitation n'est point cause de l'extraposition mutuelle des éléments ; elle la présuppose et son rôle unique est d'en fixer les contours.

Antérieurement à tout travail de démarcation, deux parties quelconques occupent donc deux positions différentes dans l'espace. Mais l'extension de leur département respectif reste imprécise aussi longtemps qu'on n'y introduit point de limites déterminées.

La diversité des relations repose, on le voit, sur une diversité

objective de situations spatiales, préexistante aux démarches de l'intelligence, mais incapable d'acquérir sans elles sa pleine actualité.

3me QUESTION : QUELLE DISTINCTION FAUT-IL PLACER ENTRE LA QUANTITÉ ET LA SUBSTANCE ?

65. Opinion aristotélicienne et thomiste. — Tandis que l'idée d'essence corporelle nous représente avant tout les constitutifs du corps, c'est-à-dire ce fonds subsistant, principe et soutien de tous les phénomènes accidentels, l'idée de quantité au contraire nous en exprime une simple manière d'être, une propriété en vertu de laquelle le corps étend sa masse dans l'espace et se prête à la division.

Il y a là incontestablement deux représentations diverses de l'être matériel.

Ces deux aspects sont-ils exclusivement le résultat d'un travail mental ? La raison de la divisibilité et de l'étendue spatiale se confond-elle avec l'essence substantielle ? Ou plutôt ne se concrétise-t-elle pas dans une réalité adventice, distincte de la substance ?

Question épineuse, s'il en fût.

Il ne semble pas douteux que le fondateur de l'hylémorphisme ait placé la quantité parmi les accidents physiques de la matière. « La longueur, la largeur et la profondeur, dit-il, sont des quantités, mais ne sont pas la substance. La quantité ne s'identifie pas avec l'être corporel qui en est le premier sujet » [1]). C'est en ces termes qu'il répondit aux philosophes de son temps, adversaires de la distinction réelle.

Ailleurs, dans sa Physique, par exemple, son langage n'est pas moins catégorique. La substance, écrit-il, est par elle-

1) ARISTOTELES, *Metaph.*, Lib. VII, c. 3. « Longitudo, latitudo, et profunditas quantitates quaedam, sed non substantiae sunt. Quantitas enim non est substantia, sed magis cui haec ipsa primo insunt, illud est substantia. »

même un tout indivisible, la quantité la rend susceptible de fractionnement [1]).

Les scolastiques, en général, et à leur tête saint Thomas, partagent le même avis.

66. Preuves de cette opinion. Argument de raison. — Les preuves rationnelles sont-elles de nature à emporter la conviction de tout esprit non prévenu ? Plusieurs philosophes de marque n'osent l'affirmer [2]).

Parmi les multiples essais de démonstration, il en est un qui paraît spécialement digne d'attention. Aristote, dans le *De anima*, s'est contenté d'en indiquer les éléments [3]).

Le R. P. de San l'a mis en valeur dans son bel ouvrage de cosmologie.

La substance et la quantité ont avec la connaissance sensible des rapports réellement différents. En effet, la quantité est directement perceptible par les sens ; la substance ne l'est qu'indirectement. Or, une seule et même chose ne peut fonder deux relations opposées.

Il est vrai, ajoute le même auteur, qu'il n'est pas au pouvoir des sens d'atteindre les essences des êtres, et d'aucuns croiront même trouver dans cette incapacité naturelle, plutôt que dans la distinction réelle mentionnée, la raison pour laquelle la quantité seule, à l'exclusion de la substance, est le sujet immédiat de la perception sensible.

1) *Physic.*, Lib. I, c. 2.

2) Suarez, *Metaph.*, D. 40, sect. 2, n. 8. — P. de San, *Cosmologia. De quantitate corporum*, p. 270. Lovanii, Fonteyn, 1881. — Pesch, *Institutiones philosophiae naturalis*, vol. II. Lib. 3, disput. 1, sect. 3, p. 30. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1897. — Schiffini, *Disputationes metaph. spec.*, thesis 12, p. 182, etc. Augustæ Taurinorum, T. Speirani, 1888. — Mielle, *De substantiae corporalis vi et ratione*, p. 140. Lingonis, Rallet-Bideaud, 1894, et spécialement : *La matière première et l'étendue*. — J. a S. Thoma, *Logica*, q. 16, a. 1. — Domet de Vorges, *De la distinction réelle de la substance et de l'étendue (Annales de philos. chrét.*, mai 1890). — Dr W. Minjon, *Das Wesen der Quantität (Jahrbuch für Philosophie und spekul. Theol.*, 14. Jahrgang), S. 47.

3) Aristoteles, *De anima*, Lib. II, c. 6.

Ce fait n'infirme point notre conclusion. Sans doute il n'appartient qu'à l'intelligence de percevoir la quiddité des choses, substantielles ou accidentelles ; aussi l'essence de la quantité échappe elle-même aux prises de la sensibilité. Cependant, cela n'empêche point nos sens de percevoir les corps concrètement, c'est-à-dire sous leur aspect quantitatif.

Dès lors, si la quantité de l'homme s'identifiait avec sa substance, on ne voit point pourquoi nos facultés sensibles, malgré leur impuissance à nous faire connaître la quiddité spécifique des êtres, ne nous représenteraient pas l'homme comme un être humain.

L'expérience prouve le contraire

La quantité et la substance sont donc deux choses réellement distinctes [1]).

Cet argument n'est pas sans valeur. Il serait peut-être téméraire d'y voir une preuve péremptoire de la théorie scolastique.

67. Preuve théologico-philosophique. — Si la raison, laissée à ses forces naturelles, reste encore hésitante, il n'en est plus de même lorsqu'elle accepte l'appoint que lui offrent les données de la foi. Éclairée simultanément par sa propre lumière et celle de la révélation sur le mystère eucharistique, elle comprend qu'elle ne peut établir une harmonie complète entre la vérité rationnelle et la vérité révélée, sans attribuer à la quantité une réalité propre, distincte de son support naturel.

La foi nous enseigne, en effet, que par la consécration « la substance du pain et du vin est changée totalement en la substance du corps et du sang du Christ » [2]).

D'autre part, les sens l'attestent, les propriétés naturelles de ces substances disparues restent identiques à elles-mêmes.

[1]) P. de San, *Cosmologia,* pp. 277 et seq. Lovanii, Fonteyn, 1881.

[2]) *Concil. Tridentin.*, sess. 13, c. 4 et can. 2.

L'hostie consacrée conserve son étendue dans l'espace, comme le pain ordinaire ; elle se laisse diviser en parties ; en un mot, sa quantité persiste sans aucun changement apparent et en l'absence de tout soutien substantiel.

Or, il est impossible que deux choses, réellement séparables, ne soient point deux réalités distinctes.

Pour qui soumet son intelligence à cette définition dogmatique et ajoute foi au témoignage des sens, la conclusion semble évidente.

Quant à ce dernier témoignage, qui pourrait raisonnablement en contester la véracité ? Qui a jamais observé la moindre distinction entre les espèces eucharistiques et les accidents de l'hostie non consacrée ?

Un seul point reste enveloppé d'une certaine obscurité : c'est la conservation des accidents, isolés de leur sujet naturel.

On se demande comment des réalités aussi précaires, aussi intimement dépendantes de la substance, peuvent en être un instant séparées sans s'évanouir dans le néant.

De plus, entre l'être et ses propriétés existent des liens si puissants, que jamais aucune force ne parvient à les briser. N'ayant ainsi sous les yeux aucun cas de séparation réelle, nous sommes tentés de croire à une absolue inséparabilité.

Mais pour peu qu'on y réfléchisse, cette inférence paraît bien prématurée.

Si imparfait que soit l'être accidentel, il a cependant une certaine dose de réalité qui ne se confond point avec celle de son substrat substantiel ; et pour exister, que lui manque-t-il, sinon un appui proportionné à sa caducité native ?

Or, est-il évident que la substance soit seule à pouvoir le lui donner ? Le Créateur lui-même ne peut-il pas suppléer l'influence de cette cause seconde momentanément disparue ?

La raison reste muette devant cette double hypothèse. D'elle-même elle ne peut en établir ni la possibilité ni l'impossibilité. Elle s'incline devant le fait. Conçoit-on une attitude plus rationnelle ?

68. Première difficulté. — Cette doctrine où le mystère de nos autels trouve une interprétation si obvie, n'était pas de nature à plaire aux disciples de Descartes.

Pour avoir identifié l'étendue avec l'essence corporelle, les cartésiens se virent acculés, ou bien à rejeter le dogme de la transsubstantiation, ou bien à nier la persistance réelle des accidents eucharistiques. Au lieu d'abandonner le principe philosophique, qui les conduisait à cette alternative, ils préférèrent mettre en suspicion le témoignage des sens et le réduire à une simple illusion.

D'après les uns, fidèles en cela à l'opinion du maître, Dieu lui-même ou le corps du Christ produisent directement dans nos organes les impressions qu'y produisent les accidents du pain et du vin non consacrés. De la sorte, en dépit de la disparition réelle des accidents et de leurs substances connaturelles, la vue et le toucher continuent à nous fournir les mêmes représentations subjectives, et nous placent ainsi dans l'impossibilité de découvrir le changement intervenu dans les causes objectives du phénomène [1]).

Que penser de cette interprétation ?

D'abord, elle ne manque pas d'originalité. Les Pères du Concile de Trente, et les nombreux théologiens et philosophes qui, aux âges antérieurs, se sont occupés de cette question, ne l'ont point connue.

Dans la définition conciliaire, immédiatement après la formule du dogme, et sous forme d'explication complémentaire, la persistance des espèces eucharistiques est affirmée sans réserve. Et comme le remarque avec raison Franzelin [2]) dans sa savante dissertation sur la matière, les termes employés « manentibus dumtaxat speciebus panis et vini » indiquent

[1]) Emmanuel Maignan, *Philosophia sacra*, t. I, c. 22. — Cfr. Drouin, *De re sacram.*, L. 4, c. 4, § 2 ; inst. 6. — Witasse, *De Eucharistia*, sect. 2, q. 2, a. 3. — Cartesius, *Respons. ad 4 et 5, objectiones.*

[2]) Franzelin, *Tractatus de Eucharistiae sacram. et sacrificio*, pp. 280 et seq. Roma, ex typogr. polyglotta, 1879.

clairement qu'il s'agit là non d'apparences quelconques, mais du maintien réel de cet ensemble de propriétés qui affectaient la substance du pain et du vin. A cette époque où la terminologie scolastique était partout en usage, ce terme ne pouvait avoir d'autre sens, sous peine de n'être compris par personne.

Devant ce concert unanime du passé, l'opinion des novateurs paraît à bon droit téméraire, à moins qu'elle ne s'appuie sur des preuves nouvelles et péremptoires. Tel n'est pas le cas. La seule raison de défendre cette théorie fut la prétention de maintenir, coûte que coûte, le principe cartésien de l'identification de la substance corporelle et de l'étendue, principe qui ne saurait supporter un instant la critique philosophique.

Au surplus, s'il faut accorder aux espèces eucharistiques une existence purement phénoménale ou subjective, nous serions tous les victimes d'une erreur invincible. Nos sens nous attestent en effet, sans jamais se démentir, la réalité objective de ces accidents; d'autre part, ni la foi ni la raison ne nous permettent d'établir la fausseté de cette attestation.

Enfin, sur le terrain théologique, cette interprétation aboutit à une conséquence d'une extrême gravité ; elle fausse la définition même du sacrement.

Il est essentiel à tout sacrement d'être un signe sensible de la grâce. Or, d'après l'hypothèse cartésienne, ce symbole objectif disparaît avec la substance du pain et du vin.

Les impressions produites par Dieu dans nos organes sensoriels, dit-on, en tiennent lieu. Supposition absolument inadmissible, car le sacrement deviendrait un phénomène purement interne, il s'évanouirait avec les impressions de chacun, comme il se multiplierait avec le nombre de personnes qui regarderaient une hostie consacrée [1]).

On a dit aussi qu'expliquer le maintien des accidents isolés par une intervention divine, c'est attribuer à Dieu un rôle indigne de lui.

1) P. de San, *op. cit.*, p. 267.

Mais y a-t-il plus de gloire pour le Créateur, à se faire, comme le supposent les cartésiens, le complice de nos illusions, en imprimant dans nos sens des représentations trompeuses ?

Et puis, dans les deux cas, y eût-il un mystère d'abaissement et de condescendance divine, qu'est-il en comparaison du mystère infiniment plus profond de la présence réelle du Christ sous les apparences eucharistiques?

69. **Deuxième difficulté**. — D'autres théologiens eurent encore recours à une hypothèse apparemment plus conciliatrice des faits.

Se refusant d'une part à admettre la séparabilité des accidents de leur sujet naturel d'inhérence, désireux d'autre part de sauvegarder l'objectivité réelle de nos sensations visuelles et tactiles. ils font, de l'éther, le siège et le support des accidents eucharistiques.

Ce corps subtil, on le sait, pénètre toutes les masses matérielles et en remplit les espaces interatomiques et intramoléculaires. Dans l'hostie comme dans le vin, il comble tous les vides intercalés entre les particules de la matière pondérable. Lors donc que la substance du pain et du vin est changée en la substance du corps et du sang du Christ, cette matière, étrangère au sujet de la transsubstantiation, reste intacte ; ses molécules conservent le même agencement et la même situation spatiale. C'est dans ce corps que les espèces eucharistiques, en tout semblables aux accidents naturels disparus, mais directement produites par Dieu, prendraient leur point d'appui.

On ne peut nier que cette interprétation nous expose moins que la précédente au danger du subjectivisme.

Toutefois, si elle y échappe, c'est au prix de suppositions manifestement condamnées par la science.

Attribuer à l'éther les propriétés distinctives du pain ou du vin, revient à doter un même être d'attributs contradictoires.

Véhicule de la lumière, de la chaleur rayonnante, de l'électricité, ce corps se fait remarquer par une élasticité parfaite dont aucune autre substance corporelle ne peut nous donner une idée approchée. Comme le disent les physiciens, l'éther est incoercible, impondérable, incolore, inodore, bref il a uniquement les propriétés nécessaires à un agent de transmission.

Au contraire, les substances dont il s'agit se caractérisent par leur couleur, leur odeur, leur poids spécifique, un défaut presque complet d'élasticité.

Or, un même sujet ne peut exercer en même temps des activités exclusives l'une de l'autre.

D'ailleurs, le fait fût-il possible, il n'en faudrait pas moins un miracle de la part de Dieu pour le réaliser.

Les accidents eucharistiques, n'ayant jamais eu, dans cette hypothèse, de lien de parenté avec leur sujet naturel d'inhérence, ne répondraient pas davantage aux exigences de la définition conciliaire, et l'hypothèse explicative resterait tout aussi arbitraire.

En résumé, si la doctrine de la distinction réelle entre la substance et la quantité dimensive ne peut se démontrer philosophiquement avec une entière certitude, au moins la raison aidée des lumières de la foi parvient sans peine à triompher de nos dernières hésitations.

4me QUESTION : QUELLE EST L'ESSENCE DE LA QUANTITÉ ?

70. État de la question. Méthode employée pour la résoudre. — Du chef de son état quantitatif, la substance corporelle est susceptible de nombreux attributs.

Dès que nous la concevons investie de la quantité, elle ne nous apparaît plus seulement comme un tout composé de deux éléments essentiels, matière et forme, mais comme un

complexus riche en parties intégrantes dont chacune emporterait avec elle, si on la séparait du tout, un fragment des deux constitutifs. De plus, elle se prête à des divisions toujours renaissantes ; elle jouit d'une impénétrabilité naturelle qui assure à chacune de ses parties et à l'ensemble une place réservée, exclusive de toute autre réalité matérielle. Enfin, elle est étendue dans l'espace et forme une grandeur mesurable.

Composition de parties intégrantes, impénétrabilité naturelle, mensurabilité, extension locale, voilà autant d'aspects divers de l'accident quantitatif.

Eh bien ! parmi cette multitude de propriétés relatives à la quantité dimensive, en est-il une qui soit comme le fondement des autres, qui, sans présupposer aucune d'entre elles, ne puisse être posée elle-même sans entraîner toutes les autres à sa suite ? Celle où ces conditions se trouvent réalisées, s'appellera à bon droit l'essence de la quantité ; car pour tous, l'essence désigne ce qui, dans une chose, est primitif et cause originelle de tout le reste.

Le meilleur moyen de faire pénétrer un peu de lumière dans cette question éminemment obscure, et d'arriver à des solutions mieux établies, c'est, croyons-nous, de procéder par élimination progressive.

Telle sera notre méthode.

71. **Divisibilité quantitative.** — L'aptitude à se laisser fractionner appartient sans aucun doute à la quantité. Aristote lui-même la mentionne comme un des caractères les plus saillants de cette propriété [1]).

La définition du Stagirite n'est cependant pas essentielle, mais simplement descriptive.

Que présuppose en effet la divisibilité ? L'existence d'un tout quantitatif, ou, si l'on veut, le multiple potentiel. La divi-

[1]) Aristoteles, *Metaph.*, Lib. IV, c. 13. « Quantum dicitur, quod in insita divisibile, quorum utrumque aut singula unum quid et hoc quid apta sunt esse. »

sibilité est donc consécutive à l'état de composition qui se retrouve dans toute quantité, et ne peut partant nous en exprimer l'essence ou la note vraiment primitive.

D'ailleurs, conçue à part du fondement ontologique que lui offre le tout divisible, la divisibilité ne nous présente aucune réalité concrète où la quantité puisse prendre corps.

72. **Impénétrabilité actuelle.** — Les êtres corporels sont naturellement impénétrables : les parties d'un même corps, aussi bien que des corps distincts, se refusent à occuper simultanément un même lieu.

La question de l'impénétrabilité *actuelle* ne se pose que pour des êtres déjà étendus dans l'espace. A cette condition seulement, il est permis de se demander si deux portions de matière peuvent jouir en même temps d'une même situation spatiale.

Or l'extension locale, logiquement antérieure à l'impénétrabilité, suit elle-même l'état quantitatif.

73. **Mensurabilité.** — Comme la précédente, cette nouvelle propriété présuppose l'étendue. Les grandeurs seules se soumettent à la mensuration.

74. **Extension locale.** — Sans nier que l'extension spatiale soit un complément naturel de la quantité, nous ne pouvons y voir cependant la raison formelle de l'état quantitatif des corps.

D'abord on ne conçoit pas qu'un corps se répande dans l'espace, s'il n'est doué au préalable de parties intégrantes, exigitives de l'étendue — ce qui suppose déjà l'existence de la quantité.

En second lieu, de commun accord, les théologiens nous enseignent que dans le sacrement de l'Eucharistie le corps du Christ se trouve réellement présent avec sa quantité propre, mais ne participe point à l'étendue naturelle des corps : il est

en effet tout entier dans chaque partie de l'hostie consacrée. Loin donc de prendre place parmi les éléments constitutifs de la quantité, l'extension spatiale en est assez distincte pour en être séparée par miracle.

Au surplus, nous le prouverons bientôt, il se produit souvent dans la nature des changements considérables de volume réel qui ne portent aucun préjudice à la quantité. En d'autres termes, l'étendue varie ; l'état quantitatif, attesté par le poids, reste identique à lui-même. Preuve nouvelle que ces deux réalités, complétives l'une de l'autre, ont chacune leur entité propre.

75. Aptitude à l'extension. Opinion de Suarez. — Le savant Docteur distingue trois sortes d'extension : 1° l'extension *entitative* ou la composition de l'être corporel en parties intégrantes ; 2° l'extension *locale* ou la diffusion actuelle du corps dans l'espace ; 3° l'extension *quantitative,* c'est-à dire l'aptitude interne à occuper une situation spatiale déterminée.

La première, dit-il, est indépendante de la quantité ; le corps tient de lui-même, sans l'intervention d'aucun accident, les éléments intégrants qui constituent sa masse. Le seul fait de l'union de la matière et de la forme réalise cette espèce de composition.

La seconde extension est consécutive à l'existence de la quantité. Par miracle, elle peut même en être séparée : tel le cas de la présence du Christ sous les espèces sacramentelles.

Enfin la troisième extension, intermédiaire entre les deux autres, caractérise la quantité, ou en est l'effet formel [1]).

[1]) SUAREZ, *Metaph.* Disp. 40, n. 15. « Unde ad usum terminorum distinguere possumus triplicem extensionem : una est entitativa, quae non pertinet ad effectum quantitatis, ut dictum est, sed potest inter partes substantiae et qualitatis reperiri sine quantitate. Alia dici potest extensio localis seu situalis in actu. Et haec posterior quantitate. Alia denique est extensio quantitativa, quae dici potest situalis aptitudine, et in hac ponimus rationem forma-

Voici comment il la faut concevoir :

La quantité est un accident réel, constitué de parties intégrantes réellement distinctes des parties intégrantes de la substance. Ces éléments quantitatifs réalisent entre eux un ordre d'extraposition mutuelle et possèdent une exigence naturelle à occuper des positions diverses dans l'espace. Avant d'être investis de l'étendue, ils ne sont pas formellement impénétrables, mais ils jouissent d'une aptitude réelle à recevoir l'extension qui leur communiquera l'impénétrabilité actuelle.

En fait, la quantité suarézienne tient le milieu entre l'extension entitative et l'extension spatiale. On pourrait même l'appeler une adaptation prochaine du corps à l'étendue formelle.

Le plus grave reproche que nous croyons devoir faire à cette opinion, c'est d'enlever à la quantité son caractère objectif, et de supprimer du même coup la distinction réelle que l'auteur prétend maintenir entre cet accident et la substance.

Si, comme le soutient Suarez, l'essence corporelle possède, d'elle-même, des parties intégrantes, pourquoi ces parties n'auraient-elles pas aussi, d'elles-mêmes, une aptitude naturelle à recevoir l'étendue ? Qu'y a-t-il de plus conforme à la nature d'un tout matériel que cette prise de possession d'un espace déterminé [1]) ?

lem quantitatis. » — Cfr. Pesch, *Institutiones phil. natur.*, vol. II. Lib. III, disp. 1, sect. 2a. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1907. — P. Lahousse, *Cosmologia,* De effectu formalis quantitatis, p. 155. Lovanii, Peeters, 1896.

[1]) Dans un intéressant article publié par la *Revue Néo-Scolastique,* mai 1904, le R. P. Lanusse s'est fait le défenseur de l'opinion de Suarez. Nous regrettons que les cadres de notre manuel ne nous permettent pas d'aborder ici la discussion des nombreux textes invoqués par l'auteur à l'appui de ses idées. Mais nous serons heureux de pouvoir consacrer bientôt à cette question une étude spéciale.

A ce moment, relevons seulement le reproche que nous adresse le R. P. de ne pas avoir distingué ces deux concepts ; la *simple aptitude à recevoir* l'extension locale, et la *tendance positive à s'emparer* d'un lieu déterminé.

« Il nous serait facile, dit-il, de multiplier les textes où Suarez met en regard l'une de l'autre ces deux extensions, et explique pourquoi et comment l'effet formel de la quantité ne se réalise que dans la seconde, celle qui

Il nous paraît donc inutile de greffer encore sur les éléments intégrants de la substance, à l'effet de les prédisposer à l'actuation de l'étendue, les nouvelles parties intégrantes de la quantité suarézienne.

A notre sens, il y a là une superfétation manifeste où vient s'évanouir l'être réel de la quantité.

76. Composition entitative. Opinion thomiste. — Aristote [1]), saint Thomas [2]) et bon nombre de scolastiques anciens et modernes placent l'essence de la quantité dans la composition entitative du corps. Expliquons-nous.

D'elle-même, c'est-à-dire abstraction faite de toute ajoute accidentelle, la substance corporelle ne comprend que deux réalités distinctes, la matière et la forme. Il existe donc en elle une composition qui la rend susceptible de division. Mais la division ne peut séparer ici que les deux éléments hétérogènes et consubstantiels dont l'être est constitué.

surajoute à la composition interne de la matière « *une poussée réelle à la prise de possession d'un lieu déterminé* ». Cfr. E. LANUSSE, *Études et controverses philosophiques*, p. 17. Paris, Roger et Chernovitz, 1909.

Nous avouons ne pas comprendre cette distinction. Si l'étendue formelle se distingue réellement de la quantité et si elle est communiquée au corps par un agent extrinsèque, cette poussée *active* de la quantité à l'égard de l'étendue qu'elle va recevoir est pour nous chose inintelligible. La quantité n'est ni une puissance active, ni une puissance passive ; elle ne produit pas l'étendue, mais elle la reçoit ; nous ne concevons pour elle d'autre rôle vis-à-vis de l'étendue que celui de puissance réceptive, de capacité objective que l'auteur regarde comme essentielle à la substance même du corps.

A notre avis, la difficulté soulevée contre l'opinion suarézienne reste donc entière.

La doctrine de Suarez a été aussi spécialement bien exposée et défendue par le P. SCHAAF. Cfr. *Institutiones cosmologiæ*, pp. 410-417. Romæ, 1907.

[1]) ARISTOTELES, *Physic.*, Lib. I, c. 2 ; *Metaph.*, Lib. IV, c. 13.

[2]) S. THOMAS, *Summ. Theol.*, P. I, q. 50, a. 2. « Materiam autem dividi in partes non contingit, nisi secundum quod intelligitur sub quantitate ; qua remota manet substantia indivisibilis. » — Cfr. P. III, q. 77, a. 2. — *Dist.* 3, q. 1, a. 4. — *Cont. Gent.*, Lib. 4, c. 65.

On donne à ce genre de composition, le nom de *composition substantielle*. Il n'en est point question à l'heure présente.

Outre cette dualité de principes essentiels, nous concevons dans les corps une multiplicité beaucoup plus grande et d'une tout autre nature.

Tout corps en effet se laissé fractionner en parties nombreuses homogènes, dont chacune contient une portion de matière et de forme. Les deux constitutifs unis d'une manière indivise sont ici le sujet de la division, de sorte que les parties obtenues s'appellent à bon droit « parties intégrantes » de l'être corporel. Elles ne concourent point, on le voit, à la constitution première de l'être substantiel, mais à l'intégrité de sa masse.

Pour distinguer ce nouveau mode de composition, on le désigne par le terme de *composition entitative*.

D'après l'opinion thomiste, la substance matérielle n'a d'elle-même que le premier mode de composition ; les parties intégrantes lui font totalement défaut. Aussi se montrerait-elle réfractaire à la division, si la quantité n'introduisait en elle la multiplicité potentielle.

Essentiellement composée de parties, la quantité, en s'unissant à la substance, lui communique la composition qu'elle porte en son sein, et en fait un tout divisible.

Est ce à dire qu'elle donne à son sujet la réalité des éléments intégrants dont il est constitué ? Nullement ; autant vaudrait affirmer que l'accident produit la substance qui lui sert de soutien. Mais la quantité est la raison pour laquelle la masse substantielle, d'elle-même indivisible, devient un tout potentiel, un multiple fractionnable en parties intégrantes [1]).

[1]) Afin de prévenir tout malentendu, notons encore que d'après l'opinion thomiste, la quantité ne produit point dans la substance des parties intégrantes substantielles différentes des parties quantitatives proprement dites. Semblable effet transformerait la causalité formelle de la quantité en causalité efficiente. Dans sa *Physique*, le R. P. Goudin semble avoir méconnu cette doctrine. « Antérieurement à la quantité, dit-il, la substance est indi-

77. Preuve de l'opinion thomiste. — L'insuffisance manifeste de toutes les autres hypothèses crée déjà une forte présomption en faveur de l'opinion thomiste. Voyons si les faits la justifient.

Un de ses mérites incontestables, et qu'elle seule peut légitimement revendiquer, est de placer l'essence de la quantité dans une note réellement primordiale.

Si loin qu'on recule dans l'étude de cet accident pour en rechercher la note foncière, il est une propriété à laquelle l'esprit s'arrête comme devant une réalité irréductible : la multiplicité potentielle.

Supprimez-la et vous verrez disparaître à la fois l'ensemble des caractères manifestatifs de la quantité.

Par contre, suppposez-la réalisée, et aussitôt toutes ces propriétés en découlent comme de leur source.

La divisibilité, par exemple, en est une conséquence fatale, car tout multiple contient la possibilité d'un fractionnement.

L'impénétrabilité naturelle y trouve aussi son fondement : que manque-t-il aux parties intégrantes d'un corps, soumises déjà à un ordre interne, pour devenir le sujet approprié et immédiat de l'étendue ? D'elles-mêmes, ces parties n'ont-elles point une aptitude intrinsèque à occuper des situations spatiales propres ? Or, après les avoir reçues, elles jouissent de l'impénétrabilité actuelle.

Pour le même motif, la composition entitative est l'assise dernière sur laquelle reposent l'étendue formelle et la mensurabilité : un corps ne remplit un lieu que s'il a des parties pour l'occuper. Sans miracle, l'ordre interne de l'état quantitatif atteint son développement naturel dans cet ordre externe spatial que nous appelons l'étendue ou la grandeur mesurable.

visible et n'a de parties qu'en puissance. Mais une fois investie de l'accident quantitatif, elle possède des parties intégrantes propres. » — Bien que cette théorie se rapproche de la nôtre et s'écarte de celle de Suarez par un de ses points essentiels, elle est inexacte au point de vue de l'effet formel de la quantité.

Antérieure à toutes les propriétés révélatrices de la quantité, et raison dernière de chacune d'elles, la composition entitative semble donc répondre fidèlement aux conditions exigées.

En second lieu, et ce n'est pas un de ses moindres avantages, cette théorie sauvegarde la distinction réelle que la raison soupçonne et que la foi nous oblige à placer entre la quantité et la substance. Comment en effet refuser à cet accident une réalité propre, quand on découvre en lui la racine ou le point de départ de toute la série de propriétés relatives à l'état quantitatif ?

Enfin, notons aussi l'étonnante facilité avec laquelle ces vues thomistes se concilient avec le mystère de nos autels. Mais la mise en relief de ces harmonies trouvera mieux sa place dans la question suivante.

78. Objection. — Les difficultés soulevées contre la conception thomiste se résument en une seule.

La quantité, dit-on, a pour objet formel de donner à la substance des parties intégrantes, de la transformer en un tout potentiel. Or ce rôle est complètement inutile.

La substance corporelle, indépendamment de tout accident surajouté, et par cela même qu'elle est composée de matière et de forme, possède déjà des éléments intégrants. La composition entitative est aussi essentielle au corps que l'union intime de ses deux constitutifs.

Pour ne point dépouiller la quantité de son être réel, il faut donc lui assigner une nouvelle mission, faire appel soit à l'opinion suarézienne, soit à l'une des hypothèses précitées.

En fait, qui n'éprouve un invincible obstacle à se représenter une essence matérielle indivisible ?

L'indivisibilité absolue est un privilège des êtres spirituels. Elle devient ici un attribut positif de la matière, puisque, sans la quantité, le corps manque totalement de parties intégrantes et se refuse à toute division.

Telle est la difficulté. Il importe de l'examiner de près.

D'abord, est-il bien certain que ces deux sortes de composition nous apparaissent d'emblée comme deux aspects d'une seule et même réalité ? Rien n'est moins évident. Les deux concepts qui nous les représentent, semblent au contraire irréductibles l'un à l'autre.

La composition de matière et de forme nous offre deux éléments constitutifs, de nature essentiellement différente, concourant, à titre de substances incomplètes, à la constitution foncière de l'être corporel.

Par contre, la composition de parties intégrantes nous exprime un état particulier de l'être constitué, son aptitude intrinsèque à l'émiettement de sa masse.

A en juger d'après les apparences, nous serions donc en droit d'attribuer aux deux concepts deux réalités distinctes dont l'une, la composition substantielle, ne répond nullement à l'aspect objectif de l'autre.

A notre sens, il est même impossible de rattacher ces deux genres de composition à une seule et même cause.

De deux hypothèses, l'une : ou bien la composition entitative précède la composition substantielle, ou bien elle la suit.

Si elle la précède, au moins logiquement, la matière première cesse d'être une puissance pure et se revêt de plusieurs actualités incompatibles avec sa nature. En effet, antérieurement à son actuation par la forme, elle aurait des parties intégrantes reliées entre elles suivant un ordre interne ; elle serait prédisposée à la réception directe de l'étendue et naturellement impénétrable : autant de perfections que ne comporte point son être potentiel.

La composition entitative suit-elle l'union de la matière et de la forme, alors les parties intégrantes ne peuvent provenir que d'un accident surajouté, c'est-à-dire de la quantité. Car de lui-même le substrat matériel n'a point de parties, et la forme qui est un principe de détermination et d'unité ne saurait lui en communiquer.

Inutile de forger une troisième hypothèse et de s'imaginer

que les deux sortes de composition affectent simultanément la réalisation de l'être. Aucun des éléments constitutifs n'étant par essence un tout potentiel, il est impossible qu'ils le deviennent par le fait de leur union, pour la raison bien simple que deux modes de composition différente ne sont jamais l'effet formel d'une même actuation [1]).

Quant au danger pour notre théorie de confondre les essences corporelles avec les êtres spirituels, nous avouons ne pas le comprendre. La dualité de principes nécessaires à la constitution des corps suffit à établir, entre eux et les esprits, un abîme infranchissable.

Au reste, si l'essence non quantifiée se montre réfractaire à la division, il n'en est pas moins vrai que l'état quantitatif avec toutes ses conséquences est pour elle un mode naturel d'existence, qui ne peut se rencontrer en dehors de la matière.

Sans doute, l'imagination, comme on l'insinue, se trouve impuissante à saisir cette réalité indivisible dépouillée par la pensée de la quantité. Mais il n'est pas de son ressort de pénétrer jusqu'aux profondeurs de l'abstraction mentale et de se prononcer sur la nature intime ou la possibilité des choses qui n'ont plus rien de sensible. A l'intelligence seule appartient le droit de contrôler si le concept d'une substance corporelle indivisible implique, oui ou non, une réelle contradiction.

Or, bien que l'esprit se meuve avec peine dans ce domaine totalement étranger à la quantité, les philosophes anciens et modernes n'ont su jusqu'ici découvrir d'antinomie.

79. **Rapport entre l'étendue et la quantité.** — Dans le cours ordinaire des choses, tout être quantifié est toujours doué d'étendue ; aux diverses parties quantitatives du corps correspondent des parties spatiales diverses. L'extension

[1]) P. DE SAN, *op. cit.*, p. 291.

dans l'espace se montre ainsi le complément naturel de la quantité.

Néanmoins des raisons très sérieuses et, à notre avis, péremptoires, nous forcent à établir entre ces deux propriétés une distinction réelle.

1° Comme nous l'atteste la chimie, il arrive souvent que des corps solides ou liquides passent subitement à l'état gazeux et acquièrent de la sorte un accroissement considérable de volume. Tel est notamment le cas de la nitroglycérine. Lorsque sous l'influence de la chaleur ou même d'un simple choc, cette substance perd son équilibre interne, elle se transforme, instantanément, en produits gazeux dont le volume dépasse plus de douze cents fois le volume primitif.

Dans l'interprétation de ce phénomène, il convient de faire une part assez large à l'accroissement des distances intramoléculaires ou même interatomiques. Mais, nous le montrerons plus tard, cette raison explicative ne suffit point à rendre compte de toutes les particularités du fait, si l'on ne suppose en même temps la dilatation réelle des particules matérielles[1]).

Or cette hypothèse nous conduit à la conclusion : que la même quantité de matière peut occuper successivement, dans des états physiques divers, des volumes réels différents. Fait évidemment impossible pour qui prétend identifier la quantité avec l'extension spatiale.

2° Cette distinction se légitime encore par l'étude du mouvement local.

Nul ne songe à nier la réalité du mouvement. D'évidence, un corps qui se déplace ne se trouve pas dans le même état qu'un corps en repos. Il y a dans le déplacement local une réalité qui change ; quelle est-elle ?

L'expérience le prouve, les êtres corporels sont soumis au

[1]) Voir plus loin la théorie des condensations et des dilatations réelles.

mouvement dans la mesure où ils changent de position dans l'espace. La situation ou le lieu interne, voilà bien le sujet dont les métamorphoses constituent l'être mobile du mouvement local. A moins d'attribuer au corps un accident spécial, autrement dit, une ubication qui ait pour rôle essentiel de le localiser, d'en étendre la masse dans tel lieu déterminé, le changement de lieu ou le mouvement n'aurait plus de réel que le nom.

Cette ubication, cet accident extensif et localisateur qu'est-ce sinon l'étendue? [1]) Dans le fait d'un déplacement spatial, c'est donc elle qui se modifie, se voit constamment remplacée par des ubications nouvelles mais équivalentes, sans que la masse corporelle ou la quantité subisse la moindre altération.

Variation de l'une et constance de l'autre, en faut-il davantage pour les distinguer?

3° Enfin le mystère eucharistique confirme en tous points cette manière de voir.

Sous les espèces sacramentelles, le corps du Christ conserve sa quantité propre, dépouillée cependant de son étendue naturelle. Ici la distinction de ces deux propriétés aboutit à une séparation réelle, séparation miraculeuse, nous le voulons bien, mais en tous cas irréalisable, même par la toute-puissance divine, si la quantité et l'extension locale se confondent en un seul accident physique [2]).

[1]) Nous avons longuement exposé cette thèse et ses preuves dans notre ouvrage : *La nature de l'espace d'après les théories modernes depuis Descartes*, pp. 120 et suiv., Bruxelles, Hayez, 1907.

[2]) La philosophie ne doit pas appuyer ses assertions sur les mystères de la foi. Mais, de même qu'elle fait preuve de légitime prudence en refusant son assentiment aux doctrines incertaines qui les combattent, ainsi trouve-t-elle un précieux indice de la vérité de ses conclusions lorsqu'elle en constate l'harmonie avec les déductions immédiates des dogmes révélés.

C'est un droit pour la théorie thomiste de se réclamer de cet avantage. Elle place l'essence de la quantité dans la composition entitative, et affirme sa distinction réelle de l'étendue. Par là, elle a le grand privilège de se con-

80. Résumé des idées principielles de la théorie thomiste sur l'essence de la quantité. — En résumé, l'opinion que nous venons d'exposer tient en trois propositions fondamentales.

La substance corporelle est, d'elle-même, un sujet réfractaire à la division quantitative ; elle manque de parties intégrantes.

Par son union à la quantité, elle devient un multiple potentiel, un tout divisible dont les parties ordonnées entre elles n'ont encore cependant qu'une prédisposition prochaine à l'égard de l'expansion spatiale.

La prise de possession de l'espace, ou la localisation des éléments intégrants, se fait par un accident complémentaire, l'étendue formelle.

Tels sont les divers états réels et distincts que nous révèle l'étude de la constitution intime de la quantité. L'intelligence y conçoit même un ordre de succession logique, mais en réalité, la substance n'existe jamais un instant sans ses modes d'être naturels.

5me QUESTION : QUEL EST LE RÔLE DE LA QUANTITÉ DANS LE DOMAINE COSMOLOGIQUE ? ACCORD DE LA THÉORIE THOMISTE AVEC LE LANGAGE

Jusqu'ici nous nous sommes attaché à la notion philosophique de la quantité.

Quand il s'agit de semblable question, où la découverte

cilier avec le double fait de la présence réelle du corps quantifié du Christ sous les espèces sacramentelles, et de l'absence de son étendue naturelle. Si l'état quantitatif se réduit à cet ordre interne qui assure aux êtres vivants une distribution régulière de leurs membres, la raison conçoit sans peine qu'il puisse persévérer dans le corps mystique du Sauveur. D'autre part, rien ne s'oppose à ce que l'extension locale en soit séparée, puisqu'elle en est réellement distincte.

Sans doute, la possibilité positive de cette séparation nous échappe. Mais nous n'y voyons aucun obstacle, et cela nous suffit.

de la vérité est le fruit de longues et délicates analyses, de distinctions multiples et apparemment subtiles, il n'est pas sans utilité de soumettre au contrôle de l'expérience les théories adoptées. D'ordinaire, les notions les plus ardues se précisent au contact des faits ; elles révèlent d'autant mieux leur contenu qu'on en connaît davantage les nuances variées dont le langage a su les revêtir.

Nous examinerons dans quelle mesure notre définition philosophique s'accorde avec les multiples acceptions que le terme *quantité* a reçues dans le vocabulaire scientifique.

Ensuite, nous essayerons de déterminer le rôle immense dévolu à la quantité dans la conception thomiste de la nature corporelle.

81. La quantité en sciences physiques. — Les termes dont les hommes de science se servent le plus souvent pour exprimer la quantité, sont ceux de *volume* et de *poids*.

La liquéfaction de l'air, nous disent les physiciens, nous offre le grand avantage de pouvoir emprisonner dans un espace relativement petit, une *quantité* considérable de ce mélange gazeux.

De même l'or, le platine dont les poids spécifiques sont respectivement très élevés, renferment une grande *quantité* de matière sous l'unité de volume.

Au point de vue philosophique, ces expressions sont en tous points correctes.

Dans le volume en effet, nous retrouvons l'étendue envisagée sous sa triple dimension : longueur, largeur et épaisseur ; c'est la quantité investie de son complément naturel, ou la *quantité continue permanente*.

Le poids, c'est-à-dire le résultat de l'action de la pesanteur sur un corps donné mesure, non le volume mais la quantité entendue au sens rigoureux du terme, ou, si l'on veut, la *composition entitative* de la substance corporelle. Une quantité déterminée de matière garde invariablement son poids, quelle

qu'en soit l'extension dans l'espace, pourvu toutefois qu'elle reste affectée d'étendue.

Le langage scientifique confirme ici, d'une manière inattendue, la distinction réelle que nous avons placée entre la quantité et l'étendue spatiale.

82. La quantité en mathématiques. — Les mathématiques ont pour objet propre l'étude de la quantité sous le double aspect du *nombre* et de la *grandeur*.

Or ces deux acceptions se rattachent respectivement à la *quantité discrète* et à la *quantité continue permanente*.

Quant aux quantités imaginaires dont on y fait usage, il serait peut-être plus correct de les appeler des expressions imaginaires, car il n'existe en fait aucune quantité réelle qui réponde à cette formule mathématique. Telle, la racine carrée de — 2, $\sqrt{-2}$.

83. La quantité en prosodie et en musique. — La prosodie, en nous traçant les règles de la quantité, nous apprend à reconnaître la valeur des syllabes longues et brèves, de même que la musique, par des signes conventionnels, nous indique la quantité ou la valeur relative des notes.

A première vue, il semble que ces appellations n'ont plus rien de commun avec la notion philosophique. A les examiner de près, on y découvre aisément un emploi judicieux du terme « quantité ». Il s'agit ici de la durée du son, ou du temps qu'il faut consacrer à l'expression de la note ou de la syllabe. Or, le *temps*, nous l'avons vu, est une des espèces comprises dans la *quantité continue successive*.

En plain-chant, certains auteurs se plaisent à confondre la quantité avec l'accent. Dans ce cas, ce terme se prend en un sens analogique et dérivé ; il exprime, non plus la durée, mais l'intensité du son.

84. La quantité en mécanique. — La « quantité de mouvement » est une des données les plus importantes de la science mécanique. Elle se définit : « le produit de la masse d'un corps par la vitesse dont il est animé », et s'exprime par la formule mv.

Masse et vitesse, tels sont les deux facteurs qui doivent porter l'empreinte de l'accident quantitatif.

Que la vitesse se rattache à la quantité proprement dite, on le comprend aisément. La vitesse répond à un concept essentiellement relatif. Elle désigne un rapport entre l'espace parcouru par un mobile, et le temps employé à le parcourir. On dit d'un corps qu'il est animé d'une grande vitesse, lorsqu'il parcourt des espaces considérables en un temps relativement court.

Le rapport qui exprime la vitesse, s'établit donc entre l'espace, *quantité continue permanente*, et le temps, *quantité continue successive*.

On le voit, l'élément quantitatif, pris au sens rigoureux du terme, pénètre de toutes parts la notion de vitesse.

Mais la masse n'est pas une de ces réalités qui se découvrent spontanément à l'intelligence, ou dont on peut sans efforts saisir la nature. Ses allures mystérieuses, les multiples définitions auxquelles elle se prête, son importance à l'heure présente nous invitent à en entreprendre l'étude au double point de vue scientifique et philosophique.

85. La quantité et la masse. D'où vient l'importance actuellement accordée à la masse? — La notion de masse est, de nos jours, d'un fréquent emploi. Bien qu'elle appartienne en propre à la mécanique, elle occupe en outre une place importante dans les sciences naturelles.

La raison de ce grand crédit se trouve, croyons-nous, dans la direction imprimée aux études scientifiques.

Un grand nombre d'hommes de science s'inspirent de vues mécanistes dans l'interprétation des phénomènes de la nature.

Ramener les faits à un minimum de causes, et, en dernière analyse, aux deux facteurs de masse et de mouvement, telle fut même, jusqu'en ces derniers temps, la grande préoccupation des physiciens et des chimistes [1]).

Dans un tel courant d'idées, la notion de masse devait acquérir chaque jour une importance nouvelle, et s'imposer davantage à l'attention des savants et des philosophes. « La notion de masse et d'inertie, dit Le Dantec, est la base de toutes les philosophies. »

Le Dr Le Bon la regarde comme la plus importante des propriétés de la matière [2]). M. Mach écrit à son sujet : « Je pense que c'est *ici* que le concept de masse a été, pour la *première* fois depuis Newton, soumis à une analyse critique détaillée, car les historiens, les mathématiciens et les physiciens semblent avoir considéré cette question comme peu grave et d'une compréhension presque immédiate. Elle est au contraire d'une importance fondamentale et mérite l'attention de nos adversaires [3]). »

86. Obscurité de la notion de masse. Méthode suivie dans cette étude. — Malgré le rôle immense qui lui est dévolu et les travaux nombreux dont il fut l'objet, le concept de masse demeure enveloppé de certaines obscurités.

« Pour qui veut atteindre, dit Hannequin, au delà de la vitesse et de l'accélération, les conditions de la genèse et des variations du mouvement, pour qui veut, en un mot, le soumettre à l'analyse et pénétrer ses lois, trois termes liés ensemble s'offrent à nos définitions, qu'aucun artifice ne saurait, pour le moment, ni séparer ni réduire : l'accélération,

[1]) La théorie électronique a modifié la conception traditionnelle de la masse, mais elle n'en a point diminué l'importance. Voir plus loin l'exposé de ces idées nouvelles.

[2]) Le Bon, *L'évolution de la matière*, pp. 20 et suiv. Paris, Flammarion, 1912.

[3]) E. Mach, *La mécanique*, p. 482. Paris, Hermann, 1904.

la force et la masse. A vrai dire, de ces trois termes, le premier seul est directement saisi et géométriquement clair ; les deux autres, nous ne nous faisons aucune difficulté de le reconnaître, sont par eux-mêmes obscurs et confus [1]). »

Aussi, les définitions de la masse sont-elles nombreuses et parfois très divergentes. Comme la plupart sont d'origine scientifique, nous nous sommes demandé si, à la lumière des principes de la philosophie, il ne nous serait pas donné de pénétrer plus avant dans la nature intime de ce facteur mécanique.

Loin de nous l'intention de partir en guerre contre les expressions des savants. Notre unique but est d'éclairer une notion de métaphysique, en mettant à profit leurs conclusions.

Dans la première partie de ce travail, nous nous proposons de passer en revue les définitions courantes, de les soumettre à un examen critique afin de préciser quelles sont, à côté des résultats acquis, les questions d'ordre philosophique non encore résolues.

Dans la seconde partie, nous essayerons de combler ces lacunes, en donnant de la masse une définition qui mette en relief sa réalité physique et nous rende compte de toutes ses propriétés.

87. Définitions scientifiques de la masse. Première définition. — Lorsqu'un mobile est abandonné à lui-même, il tend à rester dans l'état de repos s'il est au repos, ou, s'il est mû, à continuer uniformément et en ligne droite, son mouvement. Cette propriété naturelle de la matière s'appelle l'*inertie*.

Il suit de là que la condition du mouvement est toujours extérieure au mobile, et qu'à toute variation bien définie de la vitesse ou de l'accélération, répond une cause également bien définie, à savoir : la *force*.

[1]) Hannequin, *Essai critique sur l'hypothèse des atomes*, p. 90, Paris, Alcan, 1899. — Cfr. Mach, *La mécanique*, pp. 482 et suiv.

Mais pour déterminer l'accélération que va prendre un mobile soumis à l'influence d'un agent moteur, il ne suffit pas de considérer uniquement l'intensité de l'action motrice.

L'expérience établit que la vitesse du mouvement imprimé, pendant l'unité de temps, dépend aussi du mobile auquel la force est appliquée.

Si nous soumettons dans un même lieu, à l'action d'une même force mécanique, des corps inégalement pesants, la vitesse communiquée sera différente pour chacun d'eux, et d'autant moins grande que le poids est plus considérable. Mais pour un même mobile se mouvant en ligne droite, sous l'influence d'une force qui ne varie pas pendant l'expérience, il existe entre l'intensité de la force et la variation qu'elle produit dans la vitesse pendant l'unité de temps, un rapport constant, toujours et partout le même; de sorte que, si l'intensité de la force augmente, l'accélération s'accroît proportionnellement.

En divisant la force appliquée à un corps par l'accélération qui en résulte, on obtiendra donc un quotient invariable, mais propre à ce corps donné. On l'a appelé la *masse*.

De là cette définition classique : *la masse est le rapport constant entre la force et l'accélération.*

Critique. — Cette première définition est-elle irréprochable ?

D'abord, elle a l'incontestable avantage de répondre à tous les besoins de la mécanique, dont l'objet principal d'étude est la mesure quantitative du mouvement et de ses causes.

En nous représentant la masse comme un diviseur de la force, elle nous donne un moyen pratique, non seulement d'en apprécier le rôle, mais aussi de déterminer les valeurs respectives qu'elle peut prendre dans les différents côrps de la nature.

De plus, elle met en relief l'une des propriétés les plus caractéristiques et les plus importantes de la masse : sa

constance. « La masse, dit Helmholtz, est éternellement invariable » [1]) ; et cette propriété de la matière est une des données fondamentales de notre mécanique. Aussi, le principe de Lavoisier qui établit l'invariabilité de la masse, et le principe de Rankine qui exprime la constance de l'énergie totale de l'univers, sont-ils regardés, à juste titre, comme les plus belles conquêtes de la science moderne.

Néanmoins, quelque avantageuse qu'elle soit, cette définition ne nous fait point connaître la nature intime de cet agent mystérieux.

Placée comme une sorte d'intermédiaire entre la force et l'accélération, la masse nous apparaît sous un aspect purement relatif. Elle est un nombre, un quotient, dont la valeur quantitative dépend essentiellement de deux autres nombres.

En soi, dit-on, elle n'est ni la force, ni l'accélération, mais un rapport constant entre ces deux facteurs qui lui sont étrangers. Et ce rapport déterminé en exprime la mesure.

Or, mesurer une chose, n'est pas dévoiler sa nature. La masse ne se confond point avec sa mesure, quelle qu'elle soit.

Ensuite, c'est quelque chose d'absolu que la masse. Le corps la possède aussi bien à l'état de repos qu'en mouvement, sous l'influence de la force comme dans l'état d'isolement complet. N'y eût-il au monde qu'un seul corps, il aurait encore sa masse appropriée.

« La masse, écrit Dressel dans son ouvrage de physique, n'est pas seulement une relation ou une abstraction, mais une chose réelle et existante ; sinon, comment serait elle le support du mouvement ? » [2]).

La définition classique, irréprochable en mécanique, ne satisfait donc pas les légitimes aspirations de l'intelligence. On peut aller plus loin et se demander ce qu'est en elle-même

[1]) Helmholtz, *Mémoire sur la conservation de la force*, p. 59. Paris, Masson, 1869.

[2]) Dressel, *Lehrbuch der Physik*, S. 24. Freiburg, Herder, 1895.

cette réalité constante que l'on mesure ; d'où vient l'étonnante propriété qu'elle possède de paralyser, proportionnellement à sa grandeur, l'action de la force, de manière à diminuer la vitesse du mouvement communiqué.

88. **Deuxième définition.** — Pour un lieu déterminé, la masse des corps, dit-on, n'est autre chose que leur poids.

La matière, avait dit Newton, attire la matière en raison directe des masses et en raison inverse du carré des distances. La pesanteur est un cas particulier de cette attraction universelle. Elle désigne la force avec laquelle la terre attire vers son centre les corps placés dans son voisinage. Lorsqu'un corps est immobile, cette influence terrestre se manifeste sous forme d'une pression verticale que le corps exerce de haut en bas sur son appui. Le résultat de cette pression s'appelle le *poids*.

L'accélération communiquée par la pesanteur est la même pour toutes les substances terrestres, car dans le vide elles tombent avec la même vitesse ; mais l'effet de la pesanteur, qui se traduit sous forme de pression, varie d'une substance à l'autre. Chaque corps a son poids, et ce poids est invariable, pourvu qu'on le considère toujours dans un même lieu. Ni la fusion, ni la volatilisation, ni la génération, ni la corruption ne peuvent rien ajouter ni retrancher du poids du corps soumis à l'expérience. La balance en atteste la constance.

D'autre part, comme ces forces d'attraction sont directement proportionnelles aux masses, l'action de ces forces ou le poids est devenu la plus simple mesure de la relation qui existe entre des masses quelconques.

Critique. — En réalité, ce poids qu'est-il par rapport à la masse ?

« Il n'est pas l'équivalent ou plutôt la représentation d'une unité substantielle absolue dans le corps pesé, mais seulement l'expression d'une relation entre deux corps qui s'attirent

mutuellement ; de plus, ce poids peut être indéfiniment réduit par un simple changement de position par rapport au corps avec lequel il est en relation » [1]).

On sait, en effet, que la pesanteur varie en raison inverse du carré des distances. Le pendule sur une montagne ou près de l'équateur oscille plus lentement qu'au pied de la montagne ou près du pôle, parce qu'il est plus éloigné du centre d'attraction de la terre et partant plus léger. Un corps qui pèse un kilogramme à Paris, ne pèserait que 37 centigrammes s'il était à la distance de la lune, tandis qu'il pèserait 28 kilogrammes s'il était placé sur le soleil. La masse, au contraire, tous en conviennent, doit être invariable. Mais si l'on prend pour mesure de la masse le rapport de la pesanteur P à l'accélération G qu'elle produit sur un corps donné, l'on obtient alors une mesure invariable $\frac{P}{G}$, car si la pesanteur varie avec l'altitude, l'accélération varie de la même façon, en sorte que le rapport reste le même sur les différents points du globe [2]).

L'expression de la masse par le poids désigne donc une mesure conventionnelle ; elle est une application particulière de ce principe général énoncé plus haut, que les masses trouvent leur mesure dans l'action des forces. Aussi, si dans l'évaluation de ce facteur mécanique, la pesanteur a été choisie de préférence à d'autres forces de la nature, c'est uniquement à raison des avantages pratiques qu'elle présente.

[1]) STALLO, *La matière et la physique moderne*, p. 63. Paris, Alcan, 1884.

[2]) Ce rapport $\frac{P}{G}$ représentant la masse ne figure que dans les équations de la mécanique. Les masses étant proportionnelles aux poids, on peut les évaluer au moyen de la balance. Pour convertir d'ailleurs le poids en masse, il suffit de le diviser par le chiffre qu'exprime l'accélération g de la pesanteur $\left(M = \frac{P}{G}\right)$. La valeur de g étant 0,981, il s'ensuit que le nombre représentant la masse est environ 10 fois moindre que celui représentant le poids. Cfr. LEBON, *L'évolution des forces*, p. 29. Paris, Flammarion, 1908.

Sous cette mesure *arbitraire* et *variable*, l'entité de la masse persistante et toujours identique à elle-même au sein de toutes les variations et circonstances de l'univers, nous reste aussi voilée que dans la définition précédente. Nous n'en avons saisi qu'un aspect particulier et relatif.

89. Troisième définition. — Plusieurs auteurs modernes identifient la masse du corps avec la somme des unités élémentaires qu'il contient. C'est notamment la pensée qu'exprime Jouffret dans son bel ouvrage sur la théorie de l'énergie. « La masse d'un corps, dit-il, dépend du nombre d'atomes qu'il renferme » [1]).

Critique. — Cette conception du phénomène est des plus simples, mais est-elle bien scientifique ? Au surplus, éclaire-t-elle d'un jour nouveau cette mystérieuse notion de la masse ?

A nous en tenir à la théorie atomique, nous devrions nous inscrire en faux contre cette définition.

S'il est vrai que, d'après la doctrine actuelle, les masses sensibles de nos quatre-vingt-cinq corps simples sont réellement constituées d'atomes agglomérés, il n'en est pas moins établi que chacun de ces corps élémentaires possède un poids atomique spécifique. Or, une fois admis que des corps de nature différente ont des masses atomiques inégales, il est illogique d'affirmer que l'égalité du nombre d'atomes entraîne l'égalité des masses.

[1]) JOUFFRET, *Introduction à la théorie de l'énergie*, p. 17. Paris, Gauthier-Villars, 1883.

« La masse d'un corps, dit Laplace, est la somme de ses points matériels. La densité d'un corps dépend du nombre de ses points matériels renfermés sous un volume donné. » LAPLACE, *Exposition du système du monde*, 6e éd., pp. 173 et 175. — Cfr. POISSON, *Traité de mécanique*, 2e éd., introduction, p. 18. Paris, 1833. « Un point matériel, dit-il, est un corps infiniment petit dans toutes ses dimensions. On peut regarder un corps de dimensions finies comme un assemblage d'une infinité de points matériels, et sa masse comme la somme de toutes leurs masses infiniment petites. »

Même pour un corps particulier, le poids total devrait résulter, non seulement de la multiplicité de ses atomes, mais aussi, et avant tout, de leur valeur quantitative.

Pour donner à cette proposition un sens admissible, il faudrait greffer sur la théorie atomique moderne une autre hypothèse, d'ailleurs plusieurs fois émise, d'après laquelle nos atomes chimiques seraient eux-mêmes des produits de condensation d'une matière primitive homogène, disséminée en atomes infinitésimaux et égaux en poids. Alors les masses sensibles ne dépendraient effectivement que du nombre d'atomes réunis en elles. Elles seraient toutes un multiple exact d'une unité primitive commune.

Mais cette hypothèse de Proust n'a pu jusqu'ici prendre rang dans la science. Reprise par Thomson et plus tard par Dumas, elle passionna plusieurs chimistes de marque, tels : Berzélius, Cumer, Marignac et Stas, qui, dans le but de la vérifier, se livrèrent aux recherches stœchiométriques les plus précises.

Tous ces travaux aboutirent à un même résultat : l'impossibilité de concilier l'hypothèse avec les poids actuels de nos atomes chimiques [1]).

Supposé même qu'à la lumière de faits nouveaux, les difficultés soulevées contre les vues du chimiste anglais s'évanouissent pour faire place à une démonstration rigoureuse, quelle conclusion jaillirait de cette nouvelle découverte ?

Nos grosses masses sensibles sont un multiple exact d'une petite masse inconnue ; telle serait la seule déduction logique [2]).

Aurions-nous avancé d'un pas dans la connaissance de la

[1]) Il est inexact de dire, comme on le fait assez souvent, que l'on peut déterminer *exactement* et avec une *entière certitude* le poids des atomes chimiques. Les calculs ne donnent que des *moyennes*, et les écarts s'élèvent encore à des millions d'atomes pour des quantités de matière relativement très petites, par exemple, pour un centimètre cube d'un corps gazeux.

[2]) Freycinet, *Essai de philosophie des sciences*, p. 169. Paris, Gauthier-Villars, 1900.

masse ? Une inconnue prend-elle une valeur déterminée, parce qu'on la multiplie un certain nombre de fois par elle-même ?

Comme le dit Stallo, à propos d'un sujet analogue, « briser un aimant en morceaux, et montrer que chaque fragment est doué de la polarité magnétique de l'aimant entier, ce n'est pas expliquer le phénomène du magnétisme » [1]).

La question resterait entière, ou se poserait sous la forme nouvelle : Qu'est-ce que la masse atomique ?

90. Quatrième définition. — Bien voisine de la précédente est l'opinion partagée par la plupart de nos atomistes modernes.

Elle consiste à rattacher la masse au volume réel. « La masse, écrit M. Hannequin, est pour la mécanique toujours proportionnelle au volume qu'elle occupe, quelles que puissent être les raisons physiques qui donnent au corps, dans la nature réelle, des densités multiples et diverses » [2]). Aussi, le principe de l'invariabilité du volume atomique, placé à la base de l'atomisme, n'est lui-même qu'une application particulière de cette opinion.

La matière est donc uniformément répandue dans l'univers ; un volume donné en renferme toujours et partout la même quantité, de sorte que l'étendue sous sa triple dimension nous donne une mesure exacte de la masse.

La physique, il est vrai, nous enseigne qu'un litre de platine fondu pèse environ 21 kilogr., tandis qu'un litre de plomb n'en pèse que 11. Mais cette différence tient à la grandeur des distances interatomiques, plus considérables chez les corps légers. Il est ici question du volume réellement occupé par la matière.

1) STALLO, *op. cit.*, p. 64.

2) HANNEQUIN, *Essai critique sur l'hypothèse des atomes*, p. 96. Paris, Alcan, 1899. — Nous n'abordons ici qu'une partie de la définition de cet auteur afin de ne pas traiter simultanément des questions de nature diverse.

Critique. — Cette nouvelle définition, fût-elle rigoureusement exacte, serait encore sans utilité pratique.

La détermination du volume réel des corps est un de ces difficiles problèmes que la physique cherche à résoudre, mais peut-on dire qu'à l'heure présente elle en ait donné une solution certaine ?

L'hypothèse d'Avogadro et d'Ampère qui établit indirectement l'identité de volume pour les molécules des corps gazeux considérés dans les mêmes conditions physiques de température et de pression, ne nous donne à ce sujet aucun renseignement ; car ce volume comprend, outre l'espace plein, des distances interatomiques et intramoléculaires qui nous sont totalement inconnues.

Plusieurs physiciens, notamment Thomson, Millikan, Bregemann, Rutherford, Geiger, Regener, Planck, Langevin, etc., ont tenté, par des méthodes diverses, de jeter un jour nouveau sur cette obscure question du nombre de molécules gazeuses contenues dans un millimètre cube d'un gaz à 0° et sous la pression atmosphérique. Or, si l'on constate des concordances satisfaisantes entre les divers résultats, on ne peut méconnaître cependant que les écarts restent encore relativement considérables et que la détermination du volume réel de la matière conserve son caractère problématique.

Récemment, M. Van der Waals aurait trouvé « que le volume moléculaire est égal à la somme des volumes des atomes qu'il contient, mais que le volume d'un atome n'est pas une constante : il dépend de la combinaison de cet atome ». Quant à la raison de cette variation, l'auteur la voit « dans la variabilité de la grandeur des orbites des électrons » [1]). S'il en est ainsi, il est clair que le volume donné n'est pas le volume réel, mais le volume apparent, ce qui ne résout pas le problème.

[1]) Van der Waals, *Le volume des molécules et le volume des atomes constituants (Revue générale des Sciences*, 30 mars 1914), p. 284.

Il y a plus : dans les données actuelles des sciences, nous ne trouvons aucune preuve que la réalité corporelle soit uniformément répandue, ou que le volume soit la mesure de la masse.

Les expériences faites sur la compressibilité des liquides ne sont point de nature à confirmer l'hypothèse.

D'ailleurs, à défaut de preuves physiques, on se demande, et avec raison, pourquoi l'étendue ne pourrait pas varier sans que la matière qu'elle étend dans l'espace perde de son entité substantielle ou de sa masse. L'expérience quotidienne ne prouve-t-elle point que toutes les propriétés corporelles, l'électricité, le magnétisme, la chaleur, l'énergie chimique sont susceptibles de variation ? Eh bien ! si l'étendue n'est pas la matière, mais une de ses propriétés, pourquoi serait-elle réfractaire à cette espèce de changement qui, sans atteindre la masse, en modifierait le volume ?

Quoi qu'il en soit, nous n'avons, dans la définition présente, qu'une mesure incertaine et purement théorique du facteur en question. La masse n'est pas l'étendue : qu'est-elle donc ?

91. **Cinquième définition.** — « La masse d'un corps est sa quantité d'inertie, ou aussi, sa quantité de résistance au mouvement. »

De toutes les définitions jusqu'ici parcourues, nulle ne s'impose davantage à notre attention.

La définition est double. Examinons successivement chacune de ses parties.

I. *Quantité d'inertie.* — Dans sa première loi du mouvement, Newton définit l'inertie « un attribut, en vertu duquel la matière ne peut, d'elle-même, modifier ni son état de repos, ni son mouvement. »

Sous cet aspect, l'inertie semble être plutôt une propriété négative des corps. Elle désigne une incapacité, une impuis-

sance radicale qui ne comporte point de degrés; car la matière n'est ni plus ni moins apte à prendre d'elle-même un mouvement de translation dans l'espace, ou à modifier le mouvement dont elle est douée. Aussi, l'aspect quantitatif, inhérent à la masse, fait ici totalement défaut.

L'inertie se prend encore dans un sens plus concret qui est le développement naturel du premier. Elle exprime ce pouvoir réducteur que la matière exerce à l'égard de toute force qui tend à lui communiquer une accélération.

Les corps peuvent communiquer leur mouvement, mais cette communication est toujours partielle; une partie de l'accélération est réduite et ne se manifeste point dans le corps mû. Si l'on soumet des quantités diverses de matière à l'action d'une même force, on constate que la vitesse imprimée à chacune d'elles, pendant l'unité de temps, est différente et d'autant moindre que la quantité est plus considérable. Seulement, que la cause du mouvement soit la pesanteur, l'attraction lunaire, une force magnétique, ou une force électrique, l'accélération qu'elle tend à donner au corps sera toujours réduite de la même quantité, si d'une part cette accélération reste la même, et si d'autre part le corps ne change pas [1]).

La matière possède donc un pouvoir réducteur du mouvement, susceptible de mesure et invariable pour un corps donné.

Cette puissance de réduction est sa quantité d'inertie, c'est-à-dire, sa masse.

« De toute manière, dit M. Mouret, quels que soient les synonymes que l'on emploie sous prétexte de définir la masse, notre notion de masse dérive d'un seul et même fait, qui est cette réduction, en plus ou moins grande proportion, de l'accélération du mouvement dans la transmission du mouvement par contiguïté [2]). »

1) Mouret, *Force et masse (Ann. de philos. chrét.*, t. XXI), p. 78.
2) Id., *ibid.*, p. 80.

Critique. — Plus que toutes les autres, cette définition nous rapproche du vrai concept de la masse. Elle met en lumière une de ses propriétés qui, aux yeux de tous, semble le mieux la trahir, à savoir : la résistance au mouvement. Analogue, quant à la forme, à la première définition analysée plus haut, elle pénètre plus avant dans l'étude de ce facteur mécanique. Au lieu de nous en indiquer simplement la mesure à l'aide d'un rapport établi entre la force et l'accélération, elle nous montre quelle est, en fait, la réalité mesurée, c'est-à-dire le pouvoir réducteur de la masse.

Cependant, ici encore nous n'atteignons pas le dernier pourquoi du phénomène. Constater le fait d'une déperdition du mouvement dans l'action des forces mécaniques sur la matière, affirmer que dans la quantité de réduction ou de résistance passive se trouve une manifestation directe et immédiate de la quantité de masse, c'est exprimer deux faits incontestables, ce n'est point en donner la raison.

Comment se fait cette réduction? D'où vient qu'elle est toujours et nécessairement proportionnelle à la quantité de matière? Quelle est enfin dans les corps cette réalité cachée qui jouit du magique pouvoir de paralyser partiellement le mouvement communiqué? Ne sont-ce pas là autant de questions non résolues et d'un vif intérêt?

II. *Quantité de résistance au mouvement.* — La définition assimile aussi la masse à la quantité de résistance au mouvement.

Dans quel sens faut-il entendre ces termes ?

Une résistance peut être *active* ou *passive*.

Imprimez une impulsion mécanique à une bille d'ivoire placée sur un plan horizontal. Quelque polie que soit la surface, la bille perdra peu à peu son mouvement initial et finira par passer à l'état de repos. La raison en est dans la résistance *active* qu'elle rencontre à chaque moment de son parcours; c'est, d'une part, la résistance due au frottement,

d'autre part, celle de la couche d'air déplacé. De même, lorsqu'un corps en mouvement rencontre sur sa route un corps en repos, d'ordinaire le corps moteur perd une partie de sa force mécanique et de son mouvement. La résistance active que lui a opposée le mobile est la cause unique de cette perte d'énergie.

Or, cette résistance active nous donne-t-elle une mesure exacte de la masse ?

On aurait tort de l'affirmer, car cette sorte de résistance lui est totalement étrangère. Si l'on supprimait toutes les résistances de ce genre, le coup d'aile d'un moucheron mettrait en mouvement une lourde voiture de roulier, et la moindre force qui agirait seule sur un corps pourrait le déplacer [1]. Néanmoins, même dans ce cas, l'accélération communiquée par une même force à des corps de poids différent serait aussi différente, et inversement proportionnelle à leur quantité de matière.

L'annulation de toutes les résistances actives du sol, des frottements de l'air, etc., ferait que tous les corps seraient déplaçables avec la même facilité, mais ne modifierait en rien leur masse respective.

Il en est autrement de la résistance *passive*. Celle-ci se confond avec la puissance que possède tout corps de réduire, dans une certaine mesure, le mouvement qui lui est communiqué.

Cette réduction se fait dans le mobile auquel est transmis le mouvement ; elle est toujours proportionnelle à la masse et en mesure exactement la quantité.

Sous cette acception, la résistance passive devient synonyme d'inertie au sens positif de ce mot, et nous revenons ainsi à la définition analysée tantôt [2]).

[1]) Balfour-Stewart, *La conservation de l'énergie*, et de Saint-Robert, *Qu'est-ce que la force?* p. 192, Paris, Germer-Baillière, 1879.

[2]) Cfr. *supra*, p. 139.

92. Conclusion. — Les cinq définitions que nous venons de passer en revue dénotent clairement chez leurs auteurs une préoccupation commune, celle de donner de la masse une mesure appropriée.

La première cherche cette mesure dans l'action des forces sur la matière. Elle est, à ce point de vue, la plus importante, parce qu'elle est d'application universelle.

La seconde n'en est qu'un cas particulier.

La troisième et la quatrième nous fournissent aussi un moyen de mensuration ; seulement, ce moyen n'est point susceptible d'application pratique.

La cinquième définition revient en somme à la première, avec cette différence, qu'elle met davantage en relief le sujet immédiat de la mesure, c'est-à-dire la résistance passive de la matière.

Enfin nous avons rencontré deux propriétés caractéristiques de la masse : sa constance et son pouvoir réducteur du mouvement.

La question soulevée au commencement de cette étude n'est donc pas complètement résolue ; au delà de la mesure et des propriétés mentionnées, se trouve la masse avec sa nature propre. Qu'est-elle en elle-même ? Est-ce un accident ou une substance ? Comment remplit-elle le rôle qu'on lui assigne ?

93. Définition philosophique de la masse. — Puisque les sciences s'arrêtent au seuil de ces questions nouvelles, il ne nous reste qu'à faire appel à la métaphysique.

Dans ce domaine, une seule définition semble soutenir le contrôle des faits et réaliser nos espérances. La voici : *la masse d'un corps est sa quantité dimensive*, ou, pour employer un langage plus concret, *c'est par sa quantité que le corps remplit la fonction de masse et jouit des propriétés dévolues à ce facteur mécanique.*

Expliquons-nous :

La quantité a pour effet formel de rendre le corps susceptible de fractionnement. En se communiquant à lui, elle lui communique cette multiplicité de parties intégrantes dont elle est elle-même constituée, et établit dans la réalité substantielle, un agencement interne, qui fixe du même coup le mode d'après lequel toutes les autres qualités corporelles seront reçues dans la substance [1]).

Toutes, en effet, participent à sa manière d'être, toutes se répandent sur ce fonds commun, et perdent, dans cette diffusion, d'autant plus d'intensité, que le nombre de parties comprises dans le sujet récepteur est plus considérable. De fait, si la quantité est partout la même, en ce sens qu'elle donne aux corps les mêmes aptitudes, elle diffère en grandeur dans les différents corps. En d'autres termes, une unité matérielle, prise comme terme de comparaison, se répéterait un plus grand nombre de fois dans l'une masse corporelle que dans l'autre.

A première vue, on serait tenté de confondre cette propriété avec l'étendue.

Cependant, si étroits que soient les rapports établis entre ces deux notions, il n'est pas permis de les identifier.

Le fait que l'étendue est susceptible de variations auxquelles est soustraite la quantité, en est une preuve manifeste.

Ainsi entendue, la quantité s'appelait dans le langage scolastique la quantité dimensive ou de masse, « quantitas dimensiva, quantitas molis ». Il importe de la distinguer de la quantité virtuelle, « quantitas virtutis », qui se prend dans un sens dérivé.

La chaleur, par exemple, l'électricité ne peuvent être ni jaugées ni pesées ; néanmoins, il est souvent question, dans les sciences physiques, de quantité de chaleur, d'électricité, de lumière. Ce terme se prend alors dans une acception plus

[1]) S. THOMAS, *Summ. Theol.*, P. III, q. 77, a. 2.

large, à savoir, dans le sens de degré d'intensité, d'action ou de perfection [1]).

94. La quantité réunit-elle tous les caractères distinctifs de la masse ? — La signification des termes fixée, passons à l'examen de cette dernière hypothèse :

1° De l'avis commun, la masse est une propriété réelle de la matière, indépendante du voisinage d'autres corps, et de l'influence de toute force extrinsèque. N'y eût-il qu'un seul corps dans l'espace, il serait encore doué d'une masse réelle. Sans doute, nous n'en découvrons la grandeur que par l'action de certaines forces, et nous l'exprimons par un rapport ; mais elle préexiste à toutes nos mesures à l'état de réalité absolue.

C'est aussi un des caractères de la quantité. Unie directement à la substance corporelle, cette propriété a cependant sa réalité propre et individuelle, puisqu'elle lui donne cette manière d'être spéciale qui la rend divisible. Chaque corps la possède comme un résultat obligé de son état matériel. Aussi son concept est-il pur de toute relativité. Les qualificatifs de *grand* ou de *petit* n'appartiennent pas à l'essence de la quantité, car ces termes expriment une relation dont elle n'éveille pas nécessairement l'idée [2]).

2° En second lieu, parmi les propriétés corporelles, en est-il une seule qui concrétise plus fidèlement que la masse la notion de matière ? Elle est sans application dans le domaine de la volonté, de l'intelligence, du spirituel, bref, de tout ce qui dépasse les conditions d'ordre matériel. Bien plus, si dans l'évaluation de certaines forces de la nature les physiciens ont

[1]) *Summ. Theol.*, P. I, q. 42, a. 1, ad 1um. – Il arrive cependant que, même dans ce cas, l'on ajoute à l'intensité du phénomène la quantité réelle du support. Nous en avons un exemple dans l'estimation de la chaleur en calories.

[2]) S. Thomas, *Sum. totius logicae*, Tract. III, c. 8.

coutume d'employer le terme de *masse*, — par exemple, masses électriques ou magnétiques, — cette expression n'est en fait justifiée qu'à raison de son analogie lointaine avec la notion de masse corporelle ; elle contient toujours, plus ou moins voilée, l'idée de matérialité.

La masse est donc une propriété exclusivement réservée à la matière. Elle en exprime si bien la note commune, qu'elle fait abstraction de la nature des corps, de leurs attributs génériques et spécifiques, de leur forme, de leur état.

Or, n'est-ce pas le trait distinctif de la quantité ? La notion de corps n'est elle pas, pour tous, synonyme de l'idée d'une substance constituée de parties intégrantes, homogènes, naturellement répandues dans l'espace, en un mot, d'un tout divisible ou doué de quantité dimensive ?

La quantité, en effet, exprime avant tout la matérialité du sujet qu'elle affecte. Elle tire son origine de ce fonds commun à toutes les substances corporelles, appelé si justement par l'École, le principe matériel ou la matière première. D'ailleurs, la quantité n'est pas un principe de spécification, mais un principe de multiplication.

Comme la notion de masse, elle est donc une expression fidèle de la matière, et on ne peut la faire intervenir dans l'évaluation des forces corporelles qu'avec un sens dérivé, *quantitas virtutis*.

3° En troisième lieu, la masse est essentiellement mesurable. Il suffit de jeter un regard superficiel sur les définitions données plus haut, pour se convaincre que tous les auteurs ont eu pour principal souci d'en fournir une mesure pratique.

Or, la seule réalité qui soit directement susceptible de mesure, est la quantité [1]). D'autres propriétés peuvent bien

[1]) Les deux mesures de la masse, en usage dans les sciences physiques, sont applicables à la quantité. En effet, le poids ne déperd point du volume ou de la forme du corps, mais de la quantité de matière. D'autre part, le pouvoir de réduire le mouvement communiqué, qui est le second moyen pratique de mensuration, est une propriété essentielle à la quantité.

être soumises à la mensuration, à condition toutefois de présenter un certain aspect quantitatif. Le nombre, la multitude sont des expressions de la quantité discrète ; l'étendue, le temps, le mouvement appartiennent à la quantité continue [1]).

4° La note la plus caractéristique de la masse est le pouvoir qu'elle possède de réduire la vitesse du mouvement. L'expérience le prouve ; la vitesse communiquée à un corps subit toujours une diminution proportionnelle à la grandeur de la masse, et cette réduction du mouvement est l'effet d'une résistance passive.

Comment la quantité peut-elle remplir ce rôle ?

Rappelons d'abord que la quantité est le sujet récepteur, le substrat commun de toutes les propriétés corporelles, et qu'à ce titre elle leur communique son caractère extensif.

Ce principe admis, l'on comprend qu'une impulsion mécanique, reçue par un corps, doit se disséminer sur toute sa masse, et que cette dispersion est d'autant plus grande qu'il existe en lui plus de parties matérielles ; en un mot, elle doit être proportionnelle à la quantité.

D'autre part, on connaît l'adage si bien vérifié par l'expérience quotidienne : *plus une force est dispersée, moins grande devient son intensité*. Dans l'hypothèse, l'intensité de l'accélération du mouvement qui résulte de l'impulsion mécanique, subira, pour chaque cas, un amoindrissement proportionnel à la dispersion du mouvement communiqué : en d'autres termes, la vitesse sera en raison inverse de la grandeur de la masse.

On le voit, la résistance du mobile est ici purement passive. Elle consiste dans une simple dispersion qui ne détruit en rien la quantité du mouvement transmis. La vitesse seule du mobile peut en subir les influences.

Aussi, quelle que soit la grandeur finie de la masse ou de la quantité, une impulsion mécanique y détermine toujours

[1]) Nous prenons ici la quantité avec son complément naturel, l'étendue.

un mouvement d'une certaine vitesse. Cette vitesse, il est vrai, est très petite, voire même imperceptible si la masse est très grande et l'impulsion très faible. En tous cas, elle ne sera jamais nulle, pourvu que l'on supprime toutes les résistances étrangères ; en effet, si l'impulsion perd d'autant plus de son intensité qu'elle est dispersée sur une quantité plus grande de matière, de toute nécessité elle demeure une énergie finie, capable d'engendrer le mouvement, aussi longtemps que la masse ne devient pas infinie.

C'est la justification de ce principe de mécanique énoncé par M. de Saint-Robert : « Sans l'intervention des résistances extrinsèques, le moindre mouvement mettrait en branle une lourde voiture de roulier ».

La quantité remplit donc à la perfection la fonction primordiale de la masse. En elle, et en elle seule, croyons-nous, se trouve la raison explicative de ce que M. Mouret a si justement appelé la résistance passive au mouvement.

5° Enfin, l'identification de la masse avec la quantité nous permet de découvrir l'origine et la cause de sa constance.

Tout change dans l'univers : les corps eux-mêmes ne cessent de se transformer, et leurs propriétés distinctives subissent des modifications incessantes. Deux réalités restent seules constantes : la somme globale de l'énergie et la masse.

D'où vient ce privilège accordé à la masse ?

De ce que la quantité, avec laquelle elle s'identifie, a sa racine dans ce fonds commun à toutes les substances corporelles qui passe inaltéré et inchangé à travers les étapes de l'évolution cosmique. Puisque ce principe matériel se retrouve toujours identique à lui-même sous les états les plus divers de la matière, la quantité, qui en est l'expression immédiate, persiste avec lui sans éprouver le contre-coup des changements du corps dont elle fait partie ; car, redisons-le, elle n'est point une manifestation de l'espèce, mais une résultante de l'état matériel.

Il est vrai que dans un corps donné, l'être vivant par exemple, la quantité peut s'accroître ou diminuer par addition ou soustraction de matière ; dans ce cas, la masse augmente ou diminue dans la même mesure. La quantité en suit donc toutes les phases, de sorte qu'à un point de vue général, on est en droit d'affirmer que la quantité globale de l'univers reste constante.

En résumé, la quantité dimensive se révèle comme une réalité physique absolue, propre aux substances corporelles, préexistante à l'action des forces qui en fournissent la mesure, indépendante de l'état et de la forme des corps, immuable au sein de l'évolution cosmique, douée enfin d'une résistance passive qui en exprime la fonction au point de vue mécanique.

Existe-t-il une réalité qui réponde plus fidèlement au concept de masse [1]).

95. **Première objection.** — Avant de clore cette étude, prévenons deux objections que ne manqueront pas de faire les hommes de science.

Cette définition, diront-ils, est sans utilité scientifique.

Comment, d'abord, l'introduire dans les calculs ? Pour déterminer la grandeur relative de la quantité, et partant de la masse d'un corps, il faudrait connaître exactement le nombre de parties matérielles renfermées en elle, abstraction faite de leur extension dans l'espace. Or, ce dénombrement dépasse nos forces naturelles.

N'est-il pas plus simple et plus pratique de s'en tenir à la définition actuellement adoptée par la mécanique, et d'exprimer la masse par le rapport constant entre la force appliquée et l'accélération qui en résulte ?

[1]) Nous fûmes heureux de constater que dans son beau travail *Philosophia naturalis,* t. I, pp. 273-275, Paris, Beauchesne, 1912, le R. P. DE LA VAISSIÈRE a fait sienne, et même jusque dans ses détails, notre opinion sur la masse.

Que les hommes de science veuillent bien se tranquilliser. Nous leur laissons volontiers le bénéfice de leurs définitions, et n'avons nulle envie d'en mettre en doute les avantages pratiques. Mais si la mécanique et la physique ont le droit de n'envisager la masse que sous l'aspect d'un facteur à mesurer, et d'en exprimer la mesure par un rapport, il est permis à la philosophie de pousser plus loin ses investigations, de rechercher la nature intime de ce facteur, et d'y faire voir la raison dernière des propriétés que les définitions scientifiques essayent de formuler.

Ces deux études, loin de s'exclure, se complètent l'une l'autre. Elles ont chacune leur caractère propre ; on aurait tort de les confondre en leur attribuant le même objet.

Nous nous sommes contenté de définir la masse. Aux hommes de science d'en donner une mesure commode et d'en faire tel usage qu'il leur plaît.

96. **Deuxième objection**. — En second lieu, d'aucuns se demanderont peut-être pourquoi, dans notre définition, il n'est pas question du volume des corps. L'on dit en effet que le plomb, le mercure, le platine ont une masse considérable, parce que, sous un volume relativement restreint, ces métaux contiennent une quantité considérable de matière. Le volume, semble-t-il, devrait figurer parmi les éléments constitutifs de la masse.

Cette opinion, dont M. Geyser [1]) s'est fait le défenseur, ne paraît pas soutenable.

En identifiant deux éléments essentiellement distincts, la masse et la densité, elle enlève au premier une de ses notes caractéristiques, la constance.

Si le volume d'un corps peut subir des variations plus ou

[1]) Geyser, *Der Begriff der Körpermasse* (*Philosophisches Jahrbuch*, 1898), S. 32.

moins profondes d'après les circonstances de pression et de température auxquelles il est soumis, la densité de ce corps, qui est le rapport entre son volume et sa quantité de matière, doit aussi subir le contre-coup de ces influences physiques.

La masse, au contraire, reste invariable. Elle n'est donc point liée indissolublement à tel volume déterminé. Nous en avons une preuve évidente dans le phénomène de la pesanteur. L'action de cette force est toujours indépendante des dimensions du corps, mais exactement proportionnelle à la quantité de matière. C'est la raison qui autorise les physiciens à identifier, dans certaines circonstances spéciales, le poids avec la masse, ou du moins à mesurer l'une par l'autre.

97. **Conception nouvelle de la masse.** — Jusqu'en ces derniers temps, la masse était considérée comme la quantité d'inertie ou de résistance passive de la matière au mouvement. Elle tirait son origine de la matière même et se distinguait de toutes les autres propriétés par sa constance et son invariabilité.

Cette conception est actuellement abandonnée par beaucoup de physiciens, au moins pour ces produits de désintégration atomique, appelés électrons.

D'après la théorie nouvelle, la *masse* de l'électron est tout entière d'origine électromagnétique et variable avec la vitesse. L'électron lui-même devient alors une simple charge d'électricité, dégagée de toute matière.

Une charge électrique crée, par le seul fait qu'elle existe, des lignes de force qu'on appelle d'ordinaire champ électrique. Si elle se déplace dans l'espace, elle crée par son mouvement un champ magnétique. Ces deux champs, qui entourent la particule électrisée en mouvement, sont entraînés avec elle à travers l'espace et forment un sillage électromagnétique.

Aussi longtemps que la particule se meut d'un mouvement uniforme, l'entraînement du sillage ne lui coûte aucun effort ;

mais, pour créer le champ électromagnétique, ou le modifier, il faut dépenser de l'énergie. En d'autres termes, donner une vitesse à une charge électrique ou augmenter la vitesse dont elle est douée, exige un travail.

Or, d'après la théorie moderne, la masse, considérée comme coefficient d'inertie, résulte tout entière de la nécessité de fournir de l'énergie à la particule électrisée, lorsqu'on veut produire ou modifier son champ électromagnétique [1]). On peut dire aussi que la masse résulte de la résistance que rencontre la particule électrisée au moment de la création de son champ électromagnétique ou des changements qui y sont introduits.

D'autre part, le calcul et l'expérience semblent établir que l'inertie de l'électron ou sa résistance au changement de vitesse est constante pour des vitesses assez faibles, mais qu'elle augmente avec la vitesse quand celle-ci dépasse 10.000 kilomètres à la seconde ; elle deviendrait même infinie pour une vitesse de 300.000 kilomètres à la seconde, c'est-à-dire, pour la vitesse de la lumière [2]).

A en croire Lucien Poincaré, le centre positif de l'atome

[1]) Si l'électron était doué d'une masse *électromagnétique* et d'une masse *matérielle*, la mise en mouvement nécessiterait une double dépense d'énergie. Or, Kaufmann a mesuré la masse électromagnétique d'un électron en mouvement et a trouvé qu'elle formait à elle seule la masse totale. L'électron ne possède donc pas de masse *matérielle* au sens ordinaire du mot. Cfr. Bouty, *La vérité scientifique*, pp. 244 et suiv. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Abraham, *Gött. Nachrichten*, fasc. I, 1902 et Kaufmann, fasc. III, 1903. — Righi, *La théorie moderne des phénomènes physiques, radioactivité, ions, électrons*, pp. 119-124. Paris, « L'éclairage électrique », 1906. — Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 316. Paris, Flammarion, 1908. — H. Poincaré, *Science et méthode*, pp. 220 et suiv. Paris, Flammarion, 1909. — Bouty, *La vérité scientifique*, pp. 244 et suiv. Paris, Flammarion, 1908. — Lucien Poincaré, *La physique moderne*, pp. 297 et suiv. Paris, Flammarion, 1909.— Le Bon, *L'évolution de la matière*, pp. 185 et suiv. Paris, Flammarion, 1912. — Mme Curie, *Sur les rayonnements des corps radioactifs (Les idées modernes sur la constitution de la matière)*, p. 292. Paris, Gauthier-Villars, 1913. — Picard, *La science moderne*, p. 171. Paris, Flammarion, 1909.

chimique conserverait les caractères fondamentaux de la matière, notamment une masse invariable ; les électrons seuls auraient une masse variable d'origine électromagnétique [1]).

Pour Proumen, la constance de la masse reste le véritable criterium de la matière et la propriété inaliénable des atomes chimiques, des molécules et des corps sensibles. Il n'y a que les électrons qui possèdent une masse variable avec la vitesse [2]).

M. Bouty partage cet avis : « Cette conclusion, dit il, ne peut être étendue directement aux centres positifs, dont la masse électromagnétique est la même que celle des centres négatifs, puisqu'ils portent la même quantité d'électricité, tandis que leur masse matérielle est d'un ordre de grandeur mille fois plus grand » [3]).

« Y a-t-il des électrons positifs de masse purement électromagnétique ? se demande M. Picard. C'est à quoi, dit-il, on ne peut répondre actuellement » [4]).

On a étendu à tous les corps, écrit H. Poincaré, ce qu'on n'avait démontré que pour les corpuscules cathodiques ou électrons. Quant aux électrons positifs, nous ignorons encore si pareille extension est légitime. Cependant, le principe de relativité qui semble être une loi générale de la nature, demande que les électrons positifs n'aient pas de masse réelle, mais seulement une masse électromagnétique, ou tout au moins que leur masse réelle, si elle existe, varie avec les vitesses suivant les mêmes lois que l'autre masse.

Il ajoute : « les théories nouvelles ne sont pas encore démontrées, il s'en faut de beaucoup ; elles s'appuient seulement sur un ensemble assez sérieux de probabilités pour qu'on n'ait pas le droit de les traiter avec mépris. » « De nouvelles

[1]) Lucien Poincaré, *La physique moderne*, p. 300. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Proumen, *La matière, l'éther, l'électricité*, p. 158. Paris, Desforges, 1909.

[3]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 245. Paris, Flammarion, 1908.

[4]) Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 174. Paris, Flammarion, 1909. — Nernst, *Traité de chimie générale*, 1re partie, p. 453. Paris, Hermann, 1911.

expériences nous apprendront sans doute ce qu'on en doit définitivement penser »[1]).

C'est aussi la conclusion de Langevin. « La découverte du principe de relativité a montré, dit-il, que... l'inertie, qu'elle soit ou non d'origine électromagnétique, doit se comporter toujours de la même manière et varier avec la vitesse... comme l'expérience l'a vérifié sur les rayons β du radium »[2]).

Cette nouvelle conception de l'inertie, Einstein la considère comme le résultat le plus important de la théorie de la relativité.

« D'après la mécanique de Newton, dit il, l'inertie d'un système constitué par un ensemble de points matériels (résistance d'inertie à l'accélération du centre de gravité du système) est indépendante de l'état du système. Au contraire, d'après la théorie de la relativité, l'inertie d'un système isolé suspendu dans le vide, dépend de l'état du système de façon telle que cette inertie croît avec la teneur en énergie du système.

» D'après la théorie de la relativité, c'est donc en dernière analyse à l'énergie que revient l'attribut de l'inertie »[3]).

98. Critique de cette conception nouvelle. — Il serait, d'évidence, prématuré de porter un jugement sur cette question, actuellement encore si débattue. La théorie électronique est sans doute une théorie féconde, pleine de promesses, mais elle n'est encore qu'une théorie dont l'avenir n'est pas assuré.

En second lieu, parmi les physiciens qui en sont partisans, plusieurs ne voient aucune nécessité d'étendre au noyau positif des atomes, la conception nouvelle de la masse. Pour cette partie atomique, de loin la plus considérable, l'ancienne

[1]) H. Poincaré, *Science et méthode*, pp. 224, 246, 272, etc. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Langevin, *La dynamique électromagnétique*, p. 114 (*Les idées modernes*, etc.). Paris, Gauthier-Villars, 1913.

[3]) Einstein, *Sur le problème de la relativité* (*Scientia*, avril 1914), p. 143.

théorie qui considère la masse comme une propriété invariable de la matière, conserverait donc toute sa valeur [1]).

D'autres, il est vrai, rejettent toute exception à la loi qui paraît régir les électrons ou particules négatives, mais s'ils croient nécessaire pareille généralisation, c'est avant tout à raison des exigences du principe de relativité. Or ce principe lui-même est, à l'heure présente, l'objet de violentes critiques de la part de physiciens de marque [2]).

En attendant des expériences plus décisives, nous nous en tiendrons au sage conseil de H. Poincaré. « Supposons, dit-il, que d'ici quelques années, ces théories subissent de nouvelles épreuves et qu'elles en triomphent ; notre enseignement secondaire courra alors un grand danger : quelques professeurs voudront, sans doute, faire une place aux nouvelles théories. Les nouveautés sont si attrayantes, et il est si dur de ne pas sembler assez avancé !.. Avant d'enseigner (aux élèves) la mécanique ordinaire, on les avertira qu'elle a fait son temps et qu'elle était bonne tout au plus pour cette vieille ganache de Laplace.

« Est-il bon de les avertir qu'elle n'est qu'approchée ? Oui, mais plus tard, quand ils s'en seront pénétrés jusqu'aux moelles. — C'est avec la mécanique ordinaire qu'ils doivent vivre ; c'est la seule qu'ils auront jamais à appliquer ; quels que soient les progrès de l'automobilisme, nos voitures n'atteindront jamais les vitesses où elle n'est plus vraie. L'autre n'est qu'un luxe, et l'on ne doit penser au luxe que quand il ne risque plus de nuire au nécessaire [3]). »

Nous conservons donc la vieille conception de la masse, et

[1]) A lire une intéressante étude sur la nouvelle conception de la masse par Dressel, *Die neuere Entwickelung des Massenbegriffes (Philosophisches Jahrbuch*, 1907, 20 B. 2 H.), S. 131.

[2]) Abraham, *La nouvelle mécanique (Scientia*, janvier 1914), pp. 10-29.

[3]) H. Poincaré, *Science et Méthode*, pp. 272-273. Paris, Flammarion, 1909. — Cfr. aussi Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, pp. 201-204. Paris, Alcan, 1907.

si un jour la science parvient à établir la nécessité de la modifier, nous rechercherons alors quelle place il faut faire à la théorie nouvelle dans le système cosmologique que nous défendons.

99. **Quantité et impénétrabilité.** — L'impénétrabilité de la matière est un fait trop évident pour qu'on songe à le mettre en doute. Malgré la violence des chocs ou l'intensité des pressions, jamais les masses matérielles n'arrivent à occuper simultanément la même situation dans l'espace. De même, deux parties d'un corps s'excluent mutuellement d'un même lieu.

On a donné de ce fait plusieurs interprétations.

Interprétation scientifique de l'impénétrabilité. — En général, les hommes de science font consister la cause de l'impénétrabilité dans la force de résistance.

Pour eux, ce qui empêche deux corps de se compénétrer en tout ou en partie, c'est uniquement cette énergie en vertu de laquelle chacun s'oppose à ce que l'autre pénètre dans le domaine qui lui est propre [1]). Dans le cas de pression, par exemple, cette résistance mutuelle et de sens inverse suffirait à elle seule à écarter tout danger d'une compénétration véritable.

Les manifestations ordinaires du phénomène semblent confirmer, dit-on, cet essai d'explication. La résistance et l'impénétrabilité se montrent si étroitement unies et inséparables,

[1]) Pour Schopenhauer, l'impénétrabilité n'est autre chose que le principe d'activité (Wirksamkeit) des corps. Cfr. Schopenhauer, *Die Welt als Wille und Vorstellung*, vol. I, pp. 12-13.

D'après M. Boucher, *Essai sur l'hyperespace, le temps, la matière et l'énergie*, pp. 105-107 et suiv., Paris, Alcan, 1905, l'impénétrabilité n'est qu'une propriété apparente; au sein de la combinaison chimique les corps pouraient donc occuper une même place dans le troisième espace et ne seraient juxtaposés que dans le quatrième.

qu'il paraît logique d'établir entre elles un rapport de cause à effet.

100. Critique. — Cette théorie, simple en apparence, vient se heurter à un écueil insoupçonné : elle introduit la vie dans tous les êtres du monde inorganique.

Considérons l'atome d'un corps simple, c'est-à-dire la plus petite individualité chimique possible.

Comme tout être étendu, l'atome possède des parties multiples, répandues dans l'espace, de manière qu'à chacune d'elles correspond une situation spatiale propre. En un mot, tous les éléments intégrants de l'atome sont naturellement impénétrables entre eux.

Supposez maintenant que l'impénétrabilité relève de l'exercice continu de forces internes de résistance. Dans ce cas, les parties de la masse atomique ne peuvent conserver l'ordre d'extraposition mutuelle qui les régit, sans agir les unes sur les autres, et l'atome devient le théâtre d'une multitude d'actions dont il est à la fois la cause et le sujet récepteur.

Or toute activité, dont le principe et le terme appartiennent au même être, est une activité immanente ou une action vitale.

Au lieu de concevoir l'atome chimique comme une réalité continue, veut-on se le représenter comme un agrégat de multiples sous-atomes ? La difficulté restera la même, si chacun de ces sous-atomes est affecté d'étendue réelle.

D'ailleurs, cette théorie conduit à une autre erreur que nous avons eu l'occasion de réfuter, à savoir, la distinction actuelle des parties du continu.

Il est impossible, en effet, que deux particules de matière qui exercent l'une sur l'autre des activités contraires, ne soient pas deux réalités actuellement distinctes.

Or, d'après l'hypothèse, tous les éléments du continu se trouvent soumis à des influences mutuelles, dont dépend le maintien de leurs situations respectives.

Tous, par conséquent, doivent jouir d'une complète actualité. Hypothèse évidemment fausse. Car une grandeur quelconque, étant susceptible d'une division sans limites, renfermerait une multiplicité infinie de parties actuelles.

Pour échapper à ces conséquences, il resterait à réduire l'atome lui-même à une monade ou à un élément simple aux forces essentiellement transitives. L'activité cesserait alors d'être immanente, mais au prix d'un dynamisme absolu.

101. Interprétation thomiste. — Que l'on fasse intervenir la force de résistance ou une force *active* quelconque, on se heurtera toujours aux difficultés mentionnées. Dès lors, puisque l'impénétrabilité réclame une cause, nous nous voyons obligé d'en rechercher la raison dans une exigence spéciale ou une aptitude *passive* de la matière. En quoi consiste cette exigence ?

Tout acte présuppose une puissance correspondante, appropriée, puisqu'il ne peut être réalisé sans le concours matériel du sujet qui le reçoit. Mais l'étendue est aussi une détermination, une actualité qui présuppose dans le sujet récepteur une adaptation naturelle. Or, si les parties quantitatives du corps ont une aptitude native à se voir affecter d'une extension spatiale propre, elles n'en ont aucune, au contraire, à occuper dans l'espace des situations que d'autres parties congénères auraient déjà en partage. L'absence complète d'une telle puissance réceptive rend donc naturellement impossible la compénétration de deux corps étendus ou de deux parties d'un même corps [1]).

Ainsi comprise, l'impénétrabilité se rattache par des liens étroits à la quantité dimensive, ou plus exactement, il existe

[1]) S. Thomas, Opusc. in Boetium *de Trinit.*, q. 4, a. 3. « Unde oportet quod materia, secundum quod subest ei per quod habet primam comparationem ad locum, hoc prohibeat. Comparatur autem ad locum, prout subest dimensionibus ; et ideo ex natura materiae subjectae dimensionibus prohibentur plura esse corpora in eodem loco. »

entre elles une simple distinction de raison ; d'elles-mêmes, et sans ajoute d'aucun genre, les parties de la quantité possèdent une aptitude interne et exclusive à une étendue propre [1]).

Ce n'est pas que nous méconnaissions les forces de résistance dont la matière se montre universellement douée Nous les croyons même indispensables au maintien de l'ordre cosmique. Que deviendrait l'univers si le moindre effort suffisait à déplacer les montagnes, à lancer dans l'espace les masses les plus considérables ?

Mais autant leur concours est précieux pour assurer aux corps une stabilité relative et en empêcher les déplacements trop faciles, autant il est impuissant à rendre compte de leur impénétrabilité naturelle.

102. Quantité et inertie. Cause de l'inertie de la matière. - Le terme d'*inertie* est aussi d'un usage fréquent dans les ouvrages de physique et de mécanique ; cependant il n'est pas toujours aisé d'en découvrir la signification précise. Tantôt il désigne une force, un pouvoir de résistance au mouvement communiqué ; tantôt il sert à exprimer une incapacité réelle de la matière, un défaut d'aptitude à changer spontanément d'état ; parfois encore il se prend au figuré et sous des acceptions diverses.

En somme, toutes ces interprétations se ramènent aux deux suivantes :

Première acception. — L'inertie est la propriété qu'ont les corps de ne pouvoir, d'eux-mêmes, modifier l'état de

[1]) S. Thomas, *Quodlibetum*, I, c. 21. « Distinctio secundum situm primo et per se convenit quantitati dimensivae, quae definitur esse quantitas positionem habens ; unde et partes in subjecto ex hoc ipso distinctionem habent secundum situm, quod sunt subjectae dimensioni ; et sicut est distinctio diversarum partium unius corporis secundum diversas partes unius loci per dimensiones, ita propter dimensiones diversa corpora distinguuntur secundum diversa loca. »

mouvement ou de repos dans lequel ils se trouvent. C'est la définition même de Newton.

Prise en ce sens, il serait tout à fait incorrect de l'appeler une force. Cette tendance de la matière à persévérer dans l'état où l'ont mise les causes extrinsèques, révèle son impuissance radicale à se modifier elle-même. Avec raison, on y verrait plutôt une propriété négative des corps. Aussi cette sorte d'inertie n'est ni une manifestation, ni un attribut naturel et obligé de la quantité.

D'ordinaire, on en recherche la cause dans l'indifférence absolue du corps vis-à-vis de l'espace.

S'il est indifférent à une substance corporelle, dit Lepidi, d'occuper telle ou telle situation spatiale, il lui est tout aussi indifférent de se trouver en mouvement ou en repos. De cette indifférence découle naturellement pour la matière l'impossibilité de changer, de sa propre initiative, son état [1]).

Tout en admettant le fait allégué par le savant dominicain, nous ne pouvons néanmoins y découvrir autre chose, sous l'apparence d'une explication philosophique de l'inertie, qu'une expression nouvelle, ou un aspect plus saillant du phénomène qu'il s'agit d'interpréter.

A notre avis, la cause est plus profonde ; elle réside dans la nature intime de la matière, ou mieux, des êtres inorganisés.

Dans tous les corps du monde inorganique, la forme essentielle, principe foncier des énergies, incline l'être et ses puissances vers l'extérieur, de sorte que toutes les activités sont forcément transitives. Or un corps quelconque, qu'il soit en repos ou en mouvement, ne peut modifier son état sans agir sur lui-même, c'est-à-dire sans mettre en exercice des forces immanentes dont il est à la fois le principe et le terme. Le caractère essentiellement transitif des énergies accidentelles, et en dernière analyse la nature intime de la matière

[1]) P. Lepidi, *Elementa phil. christ.*, p. 145. Lovanii, Peeters, 1879.

brute, telles sont, croyons-nous, les causes prochaine et éloignée de l'inertie, entendue au sens Newtonien du mot.

A parler rigoureusement, ni les végétaux ni les animaux ne sont des corps inertes. Les uns et les autres ont la propriété de se mouvoir, d'interrompre un mouvement commencé, de substituer une activité à une autre. En un mot, parce que doués de vie ou d'action immanente, ils jouissent d'une autonomie plus ou moins parfaite..

Cependant, on retrouve en eux des traces de l'inertie, en ce sens qu'aucune partie matérielle des êtres vivants n'agit sur elle même mais sur les parties situées dans son voisinage interne.

A s'en tenir à cette interprétation, il est même permis de considérer l'inertie comme une propriété distinctive de la matière, et de l'attribuer à tous les corps de l'univers.

Deuxième acception. — A un second point de vue, l'inertie désigne une résistance passive, un pouvoir réducteur du mouvement communiqué.

Il a été dit plus haut, que la vitesse imprimée à un mobile est toujours, pour une même cause extrinsèque, inversement proportionnelle à la résistance du mobile. C'est dans cette puissance de réduction, variable avec chaque corps et absolument constante dans un corps donné, que les physiciens faisaient résider la notion de masse. Aussi les termes de « quantité d'inertie », « quantité de masse », « force d'inertie » étaient des expressions synonymes, journellement en usage dans le langage de la physique et de la mécanique [1]).

[1]) Il ne sera pas inutile de rappeler ici que d'après la théorie électronique, l'inertie se prend dans un autre sens. Comme le dit Lodge, « l'inertie elle-même n'est pas cette propriété invariablement constante qu'on avait autrefois pensé. Elle est d'abord fonction de la vitesse, et quand celle-ci devient excessive, l'inertie de la matière augmente de valeur d'une manière appréciable ». De plus; elle a son origine, non plus dans la matière elle-même, mais dans le champ électromagnétique qui entoure les particules électrisées.

Pour nous, la réalité concrète, à laquelle est dévolu ce rôle, n'est autre que la quantité dimensive au sens strict du mot. Elle seule détermine l'amoindrissement de la vitesse communiquée, sans la détruire, sans exercer aucune influence active ; elle disperse le mouvement reçu sur les parties multiples qui la constituent, et rien de plus [1]).

Pour ce motif, le terme de « force » si souvent employé par les hommes de science pour désigner cette propriété positive de la matière, nous paraît malheureux. A ce mot en effet s'attache d'ordinaire le sens de principe actif, de cause efficiente. Or, à notre avis, on fausserait les idées d'inertie, de masse et de quantité, si l'on y mêlait la notion d'une causalité qui ne fût pas entièrement passive.

103. Quantité et configuration des corps « figura ». — D'elles-mêmes, les parties intégrantes de la quantité ne requièrent aucune disposition externe de préférence à une autre. Peu importe qu'on leur imprime la forme d'une sphère, d'un cube ou d'une pyramide. Néanmoins, en prenant possession de l'espace, elles revêtent nécessairement une forme extérieure bien déterminée, s'agencent suivant un ordre stable. A cette forme extérieure les scolastiques ont donné le nom de *figura*.

D'après eux, la configuration propre d'un corps provient d'une qualité proprement dite, d'un accident réel, distinct de la quantité. Saint Thomas l'appelle *qualitas circa quan-*

Cfr. Lodge, *La vie et la matière,* pp. 30 et suiv. Paris, Alcan, 1909. « Si on passe du repos à une vitesse définie, dit M. Brunhes, la création du champ électromagnétique exige une certaine énergie. Pour donner une vitesse à une charge électrique, ou pour changer la vitesse de cette charge, il faut donc dépenser un travail. Cela revient à dire que la charge électrique toute seule, sans matière, possède une certaine inertie : l'*inertie électromagnétique.* » Brunhes, *La dégradation de l'énergie,* p. 316.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, nous conserverons l'ancienne conception de l'inertie, jusqu'à plus ample informé.

[1]) Voir plus haut, n. 94.

titatem [1]), indiquant par là qu'elle est comme la terminaison naturelle de l'accident quantitatif.

En fait, on conçoit aisément qu'une même quantité de matière puisse revêtir successivement la forme d'un cube ou d'un rectangle, bien qu'il nous soit impossible de concevoir l'identification de ces deux figures géométriques.

Il y a donc lieu de placer une distinction réelle entre la quantité et la figure.

Faut-il accentuer davantage la réalité propre de la figure et la distinguer aussi de l'étendue ?

Nous ne le croyons pas.

L'étendue concrète fixe le corps à telle place déterminée de l'espace et lui donne en même temps sa configuration caractéristique. Le changement d'une forme extrinsèque entraîne donc de toute nécessité le changement de l'étendue ; les destinées de l'une s'identifient avec les destinées de l'autre [2]).

Malgré les rapports intimes qui lient la figure à la quantité, on ne peut cependant assigner à ces propriétés une communauté d'origine ou les rattacher à un même principe essentiel.

Tandis que l'accident quantitatif reflète surtout les caractères de la matière première, la « figure » tient avant tout de la forme substantielle. L'un multiplie la réalité de l'être sans en briser l'homogénéité ; l'autre modifie ses traits distinctifs avec les natures diverses dont elle doit régler les contours extérieurs ; la figure devient ainsi un précieux indice de l'espèce.

Dans les plantes, et notamment dans les animaux, dit saint Thomas, la configuration nous donne un moyen facile et d'ordinaire infaillible de discerner les types spécifiques [3]).

[1]) S. Thomas, *Physic.*, Lib. VII, c. 3, lect. 5.

[2]) Cfr. Nys, *La notion de l'espace d'après les théories modernes depuis Descartes,* pp. 120 et suiv. Bruxelles, Hayez, 1907.

[3]) S. Thomas, *loc. cit.* « Inter omnes qualitates, figurae maxime conse-

Combien d'hommes ignorent, par exemple, les caractères scientifiques qui distinguent le lis de la primevère, le tigre du cheval ! Au premier coup d'œil, chacun reconnaît cependant ces différentes espèces, parce que chacune d'elles a sa physionomie spéciale, un port et une forme d'ensemble qui n'appartiennent pas aux autres, en un mot, sa figure distinctive.

Bien plus, le savant lui aussi y trouve un des principaux critériums de spécification. La forme et le mode de distribution des feuilles, la forme, le nombre et la répartition des organes floraux et des fruits ne constituent-ils pas la base la plus solide des classifications du botaniste ?

De même, pour fixer les notes spécifiques, que de fois le zoologiste ne doit-il pas recourir, surtout dans l'embranchement des vertébrés, à la forme des dents, à la structure des membres, à l'une ou l'autre particularité extrinsèque ?

Or, parmi ces signes révélateurs de l'espèce, il n'en est pas un seul qui n'appartienne à la « figure ».

Les scolastiques n'ont guère relevé l'importance de cette propriété corporelle dans le monde minéral. De leur temps, les lois admirables de la cristallographie n'étaient point encore découvertes, et les formes mobiles et imprécises de la matière amorphe offraient à peine, dans la plupart des cas, un indice douteux des natures spécifiques. La science moderne est venue combler cette lacune en apportant à la théorie générale de l'École une puissante confirmation. Aujourd'hui, nous savons que l'état cristallin constitue l'état parfait de la matière et que chaque substance minérale a sa forme cristalline spécifique.

quuntur et demonstrant speciem rerum. Quod maxime in plantis et animalibus patet, in quibus nullo certiori judicio diversitas specierum dijudicari potest, quam diversitate figurarum. Et hoc ideo : quia sicut quantitas propinquissime se habet ad substantiam inter alia accidentia, ita figura, quae est qualitas circa quantitatem, propinquissime se habet ad formam substantiae. . Et ex hoc contingit quod imago, quae est expressa rei repraesentatio, secundum figuram potissime attendatur, magis quam secundum colorem vel aliquid aliud ».

104. La quantité et la théorie des condensations et dilatations réelles. Vues modernes sur le changement de volume de la matière. — La plupart des physiciens regardent comme un dogme scientifique la dispersion homogène et uniforme de la matière dans l'espace.

Le volume qu'il nous est donné de mesurer ne nous représente point exactement la portion d'espace occupée par le corps. Il comprend en plus des distances intramoléculaires et interatomiques, des vides relatifs dont la grandeur aussi bien que le nombre varient d'une substance à l'autre.

En eux, dit-on, se trouve la *cause unique* de la diversité des poids spécifiques. Si nous parvenions à les supprimer totalement, la quantité de matière répondrait si parfaitement à l'étendue que l'une nous donnerait la mesure de l'autre.

Quelles que soient donc les contractions ou dilatations imprimées aux masses sensibles, la matière conserve toujours et partout son même volume réel ; les distances intraparticulaires font seules les frais des changements constatés.

105. Conception aristotélicienne et scolastique. — Les anciens s'étaient fait une conception tout autre de la relation qui rattache la quantité de masse à la grandeur spatiale.

Le vide absolu, dit Aristote, n'a point de place dans l'univers. Dans l'atmosphère qui nous entoure, dans les pores et interstices que l'expérience découvre au sein des corps naturels, partout enfin où l'œil croit rencontrer le vide, il existe de la matière réelle. L'air, certains corps gazeux et l'éther remplissent si bien toutes les lacunes, que l'extension de la matière, malgré l'hétérogénéité de ses parties, n'offre aucune solution de continuité [1]).

Mais dans un tel milieu, le mouvement local est-il possible? Oui, répond le Stagirite, car la masse corporelle n'est

[1]) La continuité matérielle de l'espace est actuellement admise par de nombreux physiciens. Cfr. D. Nys, *Cosmologie,* tome I, pp. 334 et suiv.

point nécessairement liée à telle étendue déterminée. Une pression la condense et la force à restreindre ses dimensions spatiales, de même que la chaleur en étend le volume. Plus elle s'approche de l'état gazeux, plus les limites qui la circonscrivent deviennent flottantes. D'après son état physique et les circonstances de milieu, la même quantité de matière peut se trouver successivement sous des volumes différents. Bref, il se passe constamment dans la nature des contractions et des dilatations réelles [1]).

106. Preuve de cette théorie. Ses attaches avec l'ensemble du système. — Ce principe de physique aristotélicienne n'est point, comme on est tenté de le croire, une opinion fantaisiste, sans attaches avec les idées-mères du système philosophique. Il s'impose, au contraire, dès que, avec Aristote et les scolastiques du moyen âge, on se prononce pour la continuité de la matière cosmique.

Comme le dit le Stagirite, dans un monde où le vide n'a point de place, la théorie des condensations et dilatations réelles conditionne la possibilité du mouvement local. Le déplacement d'un corps deviendrait inintelligible, si les êtres matériels placés sur sa route ne pouvaient, par des changements rapides de leur volume, lui ménager un passage à travers l'espace [2]).

D'autre part, l'hypothèse cosmogonique qui suppose la présence de la matière dans toutes les parties de l'univers, se rattache elle-même à une des lois fondamentales de l'activité des corps. Pas d'action à distance, écrit Aristote. Or,

[1]) Aristoteles, *Naturalis auscultationis,* Lib. IV, c. 9 (alias 13), n. 6 et 7. « Quare et magnitudo et parvitas molis sensibilis, non assumente aliquid materia, extenditur : sed quia materia potestate est ad utrumque. Quocirca idem est densum et rarum, et una est ipsorum materia... sic universum constat contractione et dilatatione ejusdem materiae. » — Cfr. Toletus, *Physicorum*, Lib. 4, c. 9, q. 11.

[2]) Aristoteles, *op. cit.,* Lib. IV, c. 8 (alias 11).

dans cet immense organisme qu'est l'univers, aucun élément n'échappe aux influences de ses congénères, quel que soit d'ailleurs leur éloignement. Tous s'enchaînent par un échange d'activités continues et sans nombre. Dès lors, pour éviter la transmission de l'action à travers le vide, il ne reste plus qu'à souscrire aux vues anciennes sur la matérialité réelle des intervalles spatiaux [1].

On le voit, ces trois doctrines : l'impossibilité de l'action à distance, l'hypothèse de la continuité de la matière dans l'espace, et la théorie de la variabilité du volume réel des corps, se tiennent par des liens étroits, indissolubles. Elles partagent donc le même degré de probabilité scientifique [2].

107. **Explication de ce phénomène.** — Tout corps, avons-nous dit, possède, en vertu de sa quantité, une aptitude naturelle à l'étendue. Mais si l'extension spatiale est un complément obligé de l'état quantitatif, elle en est néanmoins réellement distincte. Et de même qu'elle peut donner à un même être matériel des configurations diverses, des formes très variées qui n'ont aucune répercussion sur la masse, de même elle est susceptible d'accroissements ou de diminutions qui n'altèrent en rien la quantité de matière.

Les variations de l'étendue au point de vue *qualitatif* sont un fait hors de toute conteste ; les changements de figure, si fréquents dans les corps bruts, le prouvent à l'évidence. Pourquoi donc faudrait-il en nier la possibilité au point de

1) Cfr. PESCH, *Institutiones philosophiae naturalis*, vol. II, pp. 355-356. Friburgi Brisgoviæ, 1897. Cet auteur admet la théorie thomiste, mais il la croit surtout indispensable pour expliquer la transmission des phénomènes lumineux et calorifiques à travers l'éther.

2) Nous avons démontré, dans la discussion du dynamisme, *Cosmologie*, tome I, p. 332, l'impossibilité physique de l'action à distance. Quant à la question de savoir si la matière est universellement répandue dans l'espace, le lecteur pourra consulter notre ouvrage : *La notion de l'espace d'après les théories modernes depuis Descartes*, Bruxelles, Hayez, 1907. Les pages 178-186 sont consacrées à l'examen de ce problème.

vue *intensif?* Entre la quantité et l'extension formelle il y a le rapport ordinaire de la puissance à son acte connaturel. Or n'est-ce pas la condition commune de toute puissance réceptive de pouvoir se prêter à des actuations d'intensité diverse ? Eh bien ! dans l'espèce, c'est justement le fait que nous constatons. Dans un même corps, tantôt l'étendue resserre ses limites et emprisonne sous un plus petit volume la matière qu'elle affecte ; tantôt elle accroît ses dimensions, en disséminant la masse matérielle dans un espace plus vaste [1]).

En somme, ce phénomène ne soulève aucune difficulté spéciale ; il rentre, comme tous les autres, sous la loi générale de la mutabilité. Aussi les physiciens modernes qui la rejettent paraissent beaucoup moins logiques que leurs devanciers du moyen âge.

En effet, de l'avis unanime, toutes les propriétés chimiques et physiques de la matière sont susceptibles de modifications nombreuses. L'affinité, la force calorifique, l'électricité, les énergies attractives et répulsives subissent sans trêve des variations dans leur intensité respective. L'étendue, dit-on, reste invariable. D'où vient donc ce privilège ? Y a-t-il un seul fait qui le légitime ?

A cette loi universelle de changement, il n'existait jusqu'ici qu'une exception en faveur de la masse ; celle-ci, disait-on, demeure inchangée au sein de toutes les métamorphoses dont elle est le théâtre.

Or les physiciens actuels viennent de la supprimer.

[1]) S. Thomas, *Physic.*, Lib. IV, c. 9, lect. 14. « Non ergo condensatio fit per hoc quod aliquae partes subintrando adveniunt, vel rarefactio per hoc quod partes inhaerentes extrahuntur, ut existimabant ponentes vacuum inter corpora ; sed per hoc quod materia earumdem partium accipit nunc majorem, nunc minorem quantitatem ; ut sic rarefieri nihil aliud sit, quam materiam recipere majores dimensiones per reductionem de potentia in actum ; condensari autem e converso. »

A moins donc d'identifier gratuitement la quantité dimensive avec ses circonscriptions spatiales, on ne peut nier que la théorie de l'invariabilité absolue du volume réel est dénuée de tout fondement scientifique, et constitue une exception arbitraire à une règle générale des mieux établies.

108. La quantité et le principe d'individuation. — Ce problème est tout spécialement délicat. Tous ceux qui en ont abordé l'examen, savent par expérience combien il est difficile de s'orienter à travers le dédale des opinions qui se sont fait jour à ce sujet. Cette divergence de vues tient sans doute à certaines difficultés inhérentes à la question. Il paraît cependant incontestable qu'on arriverait à une entente beaucoup plus commune, si l'on avait soin de déterminer d'abord l'angle sous lequel on envisage le problème soulevé.

109. Sens de la question. — Deux termes appellent ici notre attention : *individu* et *principe d'individuation*.

L'individu, dit saint Thomas, suppose deux choses : l'*incommunicabilité* et la *distinction* d'avec d'autres individus que lui-même. L'individu, ajoute-t-il, c'est la substance première au sens aristotélicien du mot, le premier fondement de tous les attributs dont un être peut jouir [1]).

Individu. — Voici un morceau de cristal de roche placé sur un coin de ma table. La petite pyramide triangulaire qui en termine le sommet, la valeur des angles résultant du croisement des faces, et le poids spécifique en révèlent facilement la nature.

[1]) S. Thomas, Opusc. *De principio individuationis.* « Individuum apud nos in duobus consistit. Est enim individuum in sensibilibus ipsum ultimum in genere substantiae, quod de nullo alio praedicatur : immo ipsum est prima substantia secundum Philosophum et primum fundamentum omnium aliorum... Aliud est in quo salvatur ratio individui apud nos, determinatio scilicet ejus ad certas particulas temporis et loci, quia proprium est esse sibi hic et nunc. »

Je puis me former de cet objet un concept très complexe, le désigner par les notions d'être, de substance, de corps, de corps cristallisé, de cristal à poids spécifique ordinaire de 2,65, et à forme rhomboédrique ayant pour mesure d'angle 94°15. Seulement je m'aperçois que, si ce complexus de notes convient à ce morceau de cristal de roche, il m'est aussi permis de l'attribuer à des milliers d'autres échantillons contenus dans la croûte terrestre. C'est un signalement essentiellement communicable, susceptible d'être réalisé dans une multitude indéfinie d'individus. En un mot, je n'ai jusqu'ici que la représentation développée de l'espèce, un type idéal, conçu sans les notes individuelles.

Au contraire, si je concrétise le type général de cristal de roche, si je considère dans sa réalité propre cet échantillon particulier qui se trouve ici devant moi, placé à tel endroit déterminé de ma table, déformé à sa base par de multiples rugosités, etc., alors tout le contenu de ma représentation est tellement la propriété exclusive de cet échantillon, qu'il m'est impossible de l'attribuer à aucun autre, soit en tout, soit en partie.

Cette propriété en vertu de laquelle il s'appartient à lui-même et ne peut appartenir qu'à lui, c'est l'incommunicabilité, premier signe de l'individualité.

En second lieu, il est encore essentiel à l'individu de se distinguer de tout autre individu existant ou possible. Puisque chacun doit posséder en propre toute la réalité de son contenu, l'être concret de l'un doit, d'évidence, se distinguer de l'être concret de l'autre. Aussi, dans ce morceau de cristal de roche que j'ai sous les yeux, je découvre une quantité de notes particulières que ne me présentent point actuellement les autres échantillons, telles, par exemple, la place qu'il occupe, ses dimensions, sa physionomie générale, certaines souillures provenant de matières hétérogènes, etc.

En résumé, tout individu corporel se signale par trois caractères irréductibles : 1° il est incommunicable ; 2° il se

différencie de tout autre individu réel ou possible ; 3° il n'exclut pas l'existence d'une multitude d'autres êtres de même espèce, vu que son type spécifique se prête à des réalisations sans fin.

Principe d'individuation. — Le terme *principe* est susceptible d'interprétations diverses. En quel sens faut-il l'entendre dans la question présente ?

1° S'agit-il de la cause efficiente de l'individuation ?

Nullement. Les philosophes sont unanimes à admettre qu'une essence, pour passer de l'ordre idéal à l'ordre concret, requiert de toute nécessité l'influence d'un principe actif, extrinsèque à l'être réalisé.

A ce point de vue, les premiers corps, destinés à constituer l'état initial de l'univers, doivent leur individuation à l'action créatrice de Dieu ; les autres, réalisés au cours des transformations profondes de la matière, tirent leur origine des causes secondes, au moins dans la mesure où celles-ci concourent à la réalisation des formes essentielles nouvelles.

2° S'agit-il de savoir quels sont les constitutifs d'une substance individuelle ?

Pas davantage. De même que l'essence spécifique de tout être matériel résulte de l'union intime de la matière et de la forme, de même l'essence individualisée contient telle portion de matière première et telle forme particulière, ou, si l'on veut, tel composé substantiel affecté d'accidents propres.

3° Sous ce terme de principe, on ne comprend même point la raison ontologique prochaine qui donne aux êtres individuels leur cachet d'incommunicabilité et les distingue des autres. La raison pour laquelle cet individu diffère de tous ses congénères et n'est plus susceptible d'appartenir à d'autres

êtres, c'est son état concret, ou mieux, c'est par la totalité de son être qu'il jouit de ce double caractère.

4° Le vrai sens de ce mot « principe », le voici :

Dans un individu donné, composé de matière, de forme, d'essence, d'existence et d'accidents, y a-t-il une réalité à laquelle on puisse rapporter comme à une raison interne et ultime l'individuation de tout ce que cet être comprend de réel et qui nous montre en même temps pourquoi, à côté de lui, il peut en exister des milliers d'autres de même espèce ?

En termes plus explicites : parmi toutes les réalités concrètes de tel être individuel, y en a-t-il une d'où relèvent en dernière analyse l'incommunicabilité que partage actuellement l'individu tout entier, sa distinction réelle d'avec ses congénères, et la possibilité d'en réaliser d'autres du même type spécifique [1]) ?

Enfin, pour employer une formule plus laconique mais peut-être plus familière au philosophe médiéval : d'où vient en dernier lieu la distinction réelle et purement numérique que nous constatons entre les individus de même espèce [2]) ?

Toutes ces expressions sont synonymes et ne diffèrent que par une mise au point spéciale de l'un ou l'autre élément du problème.

110. Opinion thomiste. — Pour saint Thomas, le prin-

[1]) C'est dans ce sens que semble l'entendre CAJETAN dans ses Commentaires sur le *De ente et essentia,* q. 5. « Duo ergo quaeruntur concurrentia ad individuationem, scilicet quo primo natura specifica reddatur incommunicabilis, et quo primo realiter distinguatur ab aliis ejusdem speciei ».

[2]) S. THOMAS, Opusc. in Boetium *de Trinit.,* q. 4, a. 2. « Individui sunt haec materia et haec forma... Illa quae differunt numero in genere substantiae, non solum differunt accidentibus, sed etiam forma et materia. Sed si quaeratur quare haec forma differt ab illa, non erit alia ratio nisi quia est in alia materia signata. Nec invenitur alia ratio quare haec materia sit divisa ab illa, nisi propter quantitatem. Et ideo materia subjecta dimensioni intelligitur esse principium hujus diversitatis ».

cipe d'individuation dans les êtres corporels est la matière quantifiée, *materia signata* [1]).

Nous pouvons considérer la matière première dans deux états bien distincts.

D'abord, comme une réalité abstraite et universelle, essentiellement destinée à servir de substrat réceptif aux formes substantielles. Ainsi conçue, elle entre comme principe constitutif dans la définition de l'essence de l'être corporel, quelle qu'en soit d'ailleurs la nature ou l'espèce.

Lorsque nous disons, par exemple, que le corps diffère de l'esprit par sa composition de matière et de forme, nous concevons la matière à part de toutes les exigences particulières qu'elle possède en fait dans les êtres où elle se trouve réalisée. Nous lui laissons une seule note : son aptitude passive à recevoir un principe déterminant.

Or, aussi longtemps qu'elle ne quitte point son état idéal où l'a transportée l'abstraction intellectuelle, il est clair qu'elle ne peut exercer le rôle de principe d'individuation. Elle n'a alors aucun être réel ou concret : comment deviendrait-elle la cause originelle et foncière de la concrétisation individuelle d'une essence spécifique ?

Pour attribuer à la matière première sa fonction individualisatrice, il faut donc au préalable la supposer dans l'état réel.

De plus, comme elle doit être le principe de la distinction numérique, il faut aussi qu'elle-même soit fragmentée en portions distinctes. La forme, dit saint Thomas, ne trouve dans la matière la raison de son individuation qu'à la condition d'être reçue dans telle ou telle matière distincte de

[1]) Au cours de notre ouvrage, nous avons employé plusieurs fois cette expression « matière quantifiée » dans le sens de « matière affectée de quantité ». Le lecteur s'apercevra que cette formule reçoit ici une signification un peu différente de celle adoptée jusqu'ici: A défaut de termes qui répondissent plus fidèlement à la *materia signata* de saint Thomas, nous avons cru bien faire de nous en tenir à la traduction indiquée.

toute autre, et déterminée au double point de vue des circonstances de temps et de lieu [1]).

Mais cette distinction numérique, comment l'introduire dans la matière homogène et essentiellement indéterminée ; comment nous représenter dans ce fonds commun des portions distinctes qui soient comme autant de substrats réceptifs de la forme spécifique ? Laissée à elle-même, ou considérée d'une manière absolue, est-il possible que la matière première indistincte nous présente les éléments d'une distinction réelle ?

Le seul moyen de lever cette indétermination et de concevoir telle portion de matière irréductible à toute autre, c'est de lui attribuer une exigence spéciale à l'égard de telle quantité déterminée, de telle étendue particulière.

De fait, dès que la matière se montre investie de cette capacité exclusive, elle prend un caractère propre qui ne permet plus de la confondre avec un autre échantillon.

La matière première, destinée à recevoir telle étendue qu'aucune autre portion de matière n'*exige* et ne peut exiger, tel est le principe d'individuation, que saint Thomas a exprimé dans la formule laconique *materia signata*.

III. Développement de l'opinion thomiste. Rôle respectif de la matière et de la quantité dans l'individuation des corps. — A en juger par cet énoncé classique, on croira peut-être que l'individuation des êtres matériels tient à deux causes d'égale importance : à la matière et à la quantité. Il n'en est rien ; le vrai principe qui remplit cette fonction, c'est la matière première [2]).

[1]) S. Thomas, Opusc. in Boetium *de Trinit.*, q. 4, a. 2. « Sed cum materia in se considerata sit indistincta, non potest esse quod formam in se receptam individuet, nisi secundum quod est distinguibilis. Non enim forma individuatur per hoc quod recipitur in materia, nisi quatenus recipitur in hac materia vel illa distincta, et determinata ad hic et nunc ».

[2]) S. Thomas, Opusc. *De principio individuationis*. « Materia enim sola est principium individuationis, quoad illud in quo salvatur ratio primi in genere

Tout individu, en effet, est avant tout un être subsistant et complet dans son espèce. Il doit par conséquent contenir en lui-même, c'est à-dire dans ses principes constitutifs, la raison ontologique de son individuation. Or, la quantité ne fait point partie de l'essence corporelle.

De même, l'incommunicabilité qui est la note la plus caractéristique de l'individu, à qui appartient-elle en dernière analyse, sinon à la matière première ? N'est elle pas, dit le philosophe médiéval, le sujet premier, le substrat ultime? Dès lors, une fois qu'elle est réalisée, divisée en portions distinctes, n'y a-t-il pas dans chacun de ces fragments un obstacle invincible à ce qu'ils existent dans d'autres sujets récepteurs, ou soient partagés simultanément par plusieurs individualités ?

D'elle-même la matière première est donc le principe foncier de l'incommunicabilité des êtres concrets. D'elle-même aussi, pouvons-nous ajouter, elle s'assujettit, à la manière d'une puissance passive, la forme qui lui est destinée, et la distingue du même coup de toute autre forme de même espèce.

Mais alors, dira-t-on, quelle est la part d'intervention de la quantité ? A quel titre concourt-elle à l'individuation ?

Écartons d'abord du problème cette quantité réelle et concrète dont se trouve affecté tout corps de la nature. Semblable quantité ne peut naître que dans un sujet d'inhérence présupposé auquel elle emprunte son existence ; et de ce chef, elle est logiquement postérieure à l'être individuel qui la soutient.

Mais cette même quantité que possède tel individu donné, au lieu de la concevoir dans son état actuel d'inhérence, considérez-la comme contenue en germe dans la portion de matière première appropriée par cet individu, ou plutôt représentez-vous dans ce substrat matériel une aptitude naturelle et intrinsèque à recevoir cette quantité de préférence à

substantiae, quod tamen impossibile est reperiri sine corpore et quantitate... Illud ergo quod cadit sub ratione particulari est hoc aliquid per naturam materiae ».

toute autre, et vous comprendrez dans quelle mesure le concours de l'accident quantitatif est ici requis.

Assurément, ce serait une erreur de s'imaginer que la matière première puisse recevoir directement en elle-même l'étendue, ou qu'elle soit la cause unique et adéquate de cette propriété.

En elle cependant se trouve la raison foncière qui en nécessitera l'apparition après la réception de la forme essentielle. La capacité de la matière à l'égard de telle quantité n'est pas une propriété adventice distincte de la matière ; elle s'identifie au contraire avec elle ; en d'autres termes, elle est la matière même, affectée par nous d'une relation avec une réalité à venir.

Or ce rapport, ou, si l'on veut, cette capacité est simplement une condition requise pour que le principe individualisant soit à même d'exercer sa fonction [1]). Quoiqu'il appartienne au substrat matériel de donner à l'être individuel son double cachet d'incommunicabilité et de distinction, il ne peut jouir de ce pouvoir qu'à la condition d'être lui-même réel et distinct de tout autre, c'est-à-dire de posséder une aptitude à recevoir telle quantité déterminée.

En cela consiste le rôle précis de cet accident.

112. La quantité dont il s'agit a-t elle une grandeur invariable ? — Peut-on conclure de ce qui précède que la quantité, destinée à mesurer la capacité de telle portion de matière première, doit être conçue avec une précision mathématique, comme si toute variation devait entraîner un changement d'individualité ?

Non. L'expérience le prouve, bien souvent, sous l'influence de causes diverses, l'étendue des corps se modifie sans que l'être individuel en éprouve aucun préjudice.

[1]) S. Thomas, Opusc. *De principio individuationis.* « Et ideo quantitas determinata dicitur principium individuationis, non quod aliquo modo causat subjectum suum quod est prima substantia, sed concomitatur eam inseparabiliter et determinat eam ad hic et nunc ».

La quantité dont il est ici question n'a point de dimensions précises. Elle est simplement conçue comme un principe de division de la matière.

Afin d'indiquer cette latitude relative avec laquelle il faut entendre ces dimensions, saint Thomas les appelle parfois *dimensiones interminatae* [1]).

113. Pourquoi ce recours à la quantité plutôt qu'aux autres accidents? — Quoiqu'il y ait dans un individu donné bon nombre de notes et de qualités où le caractère individuel de l'être se révèle d'une manière évidente, à la quantité seule est attribué un rôle dans l'individuation de la matière.

Plusieurs motifs ont fixé ce choix.

D'abord, la quantité est le seul accident qui soit reçu directement dans la substance; pour cette raison, elle est aussi la première manifestation de l'individualité substantielle. Les autres propriétés sont reçues dans la quantité et trouvent en elle la cause prochaine de leur individuation respective.

En second lieu, elle prête au principe d'individuation un concours que nul autre accident ne peut lui apporter.

En vertu de ses relations avec la matière première, la quantité établit dans ce substrat commun et indivis des distinctions purement numériques d'où résulte la pluralité des individus. Elle est, en effet, le principe de la multiplicité homogène et de la division en parties de même nature.

Malgré leur identité spécifique, les quantités se distinguent par elles-mêmes les unes des autres, parce qu'elles ont chacune une situation propre, ce qui n'appartient à aucune autre propriété corporelle. Il nous serait, par exemple, impossible de

[1]) S. Thomas, Opusc. *De natura materiae et de dimensionibus interminatis*, c. 7. — Opusc. in Boetium *de Trinit.*, q. 4, a. 2. « Ipsae dimensiones terminatae quae fundantur in subjecto jam completo, individuantur quodammodo ex materia individuata per dimensiones interminatas praeintellectas in materia. »

discerner une blancheur d'une autre qui lui serait tout à fait semblable, si elles ne se rencontraient point dans des sujets différents ; tandis que, abstraction faite de tout support matériel, nous distinguons facilement une surface d'une autre.

Les quantités, dit saint Thomas, sont en quelque sorte individualisées par leur propre nature [1]).

Grâce à ce double privilège, la quantité possède donc une aptitude spéciale à introduire la distinction numérique au sein de la matière première [2]).

Pour prévenir tout malentendu, notons encore que dans cette analyse du principe d'individuation, nous avons suivi un procédé abstractif qui engendrerait de graves erreurs si on prétendait le reporter de toutes pièces sur la réalité.

Ainsi rien ne s'oppose à ce que l'on considère la matière première dans son état concret, avec son exigence spéciale de la quantité, sans fixer en même temps la pensée sur la forme essentielle dont elle est toujours revêtue ; l'abstraction mentale n'est ni une division, ni une séparation réelle. En réalité, aucune de ces deux parties constitutives ne peut exister sans l'autre.

[1]) Opusc. in Boetium *de Trinit.*, q. 4, a. 2. « De ratione individui est quod sit in se indivisum, et ab aliis divisum ultima divisione. Nullum autem accidens habet in se propriam rationem divisionis, nisi quantitas. Unde dimensiones ex seipsis habent quamdam rationem individuationis secundum determinatum situm, prout situs est differentia quantitatis. » — Cfr. *Cont. Gent.*, Lib. 4, c. 65. « Habet autem et hoc proprium quantitas dimensiva, inter accidentia reliqua, quod ipsa secundum se individuatur; quod ideo est quia positio, quae est ordo partium in toto, in ejus ratione includitur. Ubicumque autem intelligitur diversitas partium ejusdem speciei, necesse est intelligi individuationem... et inde est quod non possunt apprehendi multae albedines, nisi secundum quod sunt in diversis subjectis; possunt autem apprehendi multae lineae, etiamsi secundum se considerentur, diversus enim situs, qui per se lineae est, ad pluralitatem linearum sufficiens est. » — Cfr. *Summ. Theol.*, P. III, q. 77, a. 2.

[2]) Opusc. in Boetium *de Trinit.*, loc. cit. « Alia vero accidentia non sunt principium individuationis, sed sunt principium cognoscendi distinctionem individuorum. » — Cfr. CAJETANUS, *De ente et essentia*, c. 2.

De même, accorder à la matière la mission d'individualiser l'essence corporelle, c'est lui attribuer du même coup une certaine priorité sur la forme; mais ici encore il s'agit uniquement d'une antériorité de nature, puisque l'union intrinsèque de ces deux parties essentielles conditionne, pour chacune d'elles, la possibilité de l'existence.

114. **Preuve de la théorie thomiste.** — Aucune forme périssable n'a, en elle-même, la raison de son individuation. Telle est la proposition fondamentale qu'il importe d'établir.

Une forme essentiellement destinée à informer un sujet, est par essence, communicable à plusieurs individus; elle manque dès lors du premier caractère distinctif de l'individualité [1]). Or, toutes les formes périssables sont soumises à cette loi. Toutes, par conséquent, tirent leur individuation d'un principe étranger.

Prouvons d'abord la majeure de ce syllogisme.

Lorsqu'un acte vient combler la potentialité d'un sujet récepteur, il y est reçu suivant les conditions de ce sujet. Il y trouve pour ainsi dire une sorte de moule qui le resserre, le limite, le mesure.

La forme aussi est une actualité dont toute la raison d'être est d'actuer la matière première. Par sa nature, elle est donc appelée à se modeler sur la portion de matière qui lui est appropriée.

Dès lors, si les puissances réceptives, capables de recevoir telle forme essentielle, viennent à se multiplier numériquement, la même forme pourra se multiplier comme le nombre de sujets récepteurs qui lui sont offerts.

On le voit, c'est en vertu de sa destination naturelle qu'une

[1]) S. Thomas, Opusc. in Boetium *de Trinit.*, q. 4, a. 1. « Intellectus vero quamlibet formam quam possibile est recipi in aliquo sicut in subjecto, natus est attribuere pluribus, quod est contra rationem ejus quod est hoc aliquid. »

forme spécifique se prête à des copies sans fin, copies où elle garde fidèlement la totalité de sa perfection native [1]).

En un mot, la forme est indéfiniment communicable.

D'elle-même, elle n'a donc aucune aptitude intrinsèque à devenir telle forme concrète, distincte de telle autre de même espèce.

La puissance réceptive seule, à condition qu'elle soit distincte et incommunicable, peut lever cette indétermination en s'assujettissant la forme spécifique, en lui communiquant le double caractère de l'individualité dont elle est douée.

Or, la matière quantifiée *(materia signata)*, et elle seule, réunit cette double propriété, d'être distincte de toute autre et incommunicable. A la matière par conséquent appartient la mission d'individualiser la forme spécifique, et par elle, l'essence qui en résulte [2]).

1) S. Thomas, Opusc. *De principio individuationis.* « Ideo quantum est de ratione sua, « forma » communicabilis est et in multis recipi potest, et recipitur secundum unam rationem, cum sit una ratio speciei in omnibus suis individuis. » — Cfr. *De spirit. creat.*, q. 1, a. 5. « Formae vero quae natae sunt recipi in aliquo subjecto, de se individuatae esse non possunt : quia quantum est de sui ratione, indifferens est eis quod recipiantur in uno, vel pluribus. » *Summ. theol.* Ia P., q. 75, a. 4 ; q. 50, a. 4 ; q. 3, a. 3 ; q. 54, a. 3, ad 2um. — *De ente et essentia*, c. II. — *Cont. Gent.*, l. II, c. 95.

2) S. Thomas, Opusc. *De unitate intellectus.* « Ex quo sequitur quod si aliqua forma nata est participari ab aliquo, ita quod sit actus alicujus materiae, illa potest individuari et multiplicari per comparationem ad materiam.» — Cfr. Opusc. in Boetium *de Trinit.*, q. 4, a. 2. « Unde forma fit hic per hoc quod recipitur in materia. »

D'après la doctrine thomiste, la matière quantifiée *(materia signata)* est à la fois le principe d'individuation des formes essentielles, et la raison ontologique pour laquelle la même force spécifique peut, en conservant partout sa même perfection distinctive, se multiplier en une multitude d'individus. En d'autres termes, la multiplicabilité numérique des formes vient de l'aptitude naturelle qu'elles possèdent à être reçues dans des sujets numériquement distincts.

Ce serait mutiler la pensée thomiste que de la prendre dans un sens simplement affirmatif, et non exclusif, de supposer qu'en dehors de la matière, il puisse y avoir une autre cause de multiplication numérique. Selon saint Thomas, toute forme, non destinée à combler la potentialité

115. Objection. — La même forme peut s'affirmer d'une multitude d'individus.

N'en est-il pas ainsi de la matière première ? Nous constatons que la même matière passe successivement sous des formes diverses ! Pourquoi lui attribuer un rôle qu'on refuse à la forme ?

Distinguons la mineure : la matière première est communicable au même titre que la forme, si on ne considère que

d'un sujet récepteur, doit être individualisée par elle-même, et resserrer du même coup, dans sa propre individualité, la perfection totale de l'espèce, de sorte qu'une pluralité d'individus de même type spécifique est un fait irréalisable. Cfr. S. Thomas, *De potentia*, q. 3, a. 5. « Ea quae positive secundum magis et minus dicuntur, hoc habent ex accessu remotiori vel propinquiori ad aliquid unum ; si enim unicuique eorum ex se ipso illud conveniret, non esset ratio cur perfectius in uno quam in alio inveniretur. »

C'est le cas, par exemple, pour les anges. Il est impossible, dit le philosophe médiéval, qu'il y ait plusieurs anges de même espèce. « Si autem angelus est forma simplex abstracta a materia, impossibile est fingere quod sint plures angeli unius speciei. » Cfr. *De spir. creat.*, q. 1, a. 8.

Bien plus, dans l'hypothèse, ajoute-t-il, où une forme corporelle, accidentelle ou essentielle, serait individualisée, indépendamment de tout substrat réceptif, et subsisterait seule, il deviendrait également impossible d'en réaliser une autre de même espèce. « Quia quaecumque forma, quantumcumque materialis et infima, si ponatur abstracta vel secundum esse, vel secundum intellectum, non remanet nisi una in specie una. Si enim intelligatur albedo absque omni subjecto subsistens, non erit possibile ponere plures albedines ; cum videamus quod haec albedo non differt ab alia nisi per hoc quod est in hoc vel in illo subjecto. » *Loc. cit.*

Il faut rechercher la raison de ce fait, écrit Cajetan dans ses commentaires sur le *De ente et essentia*, c. 6, q. 11, « dans cette propriété de l'acte de ne pouvoir de lui même se limiter, se resserrer en plusieurs individualités distinctes. S'il n'est pas reçu dans une puissance réceptive qui limite son être, et l'assujettit à sa propre manière d'être, il reste illimité, en ce sens qu'il possède toute la perfection possible de son espèce. L'individu et l'espèce se confondent. »

En effet, supposez que deux actes subsistent à part de tout substrat matériel ; d'où viendrait leur distinction ? Non, certes, d'un principe externe, puisque, par hypothèse, ils sont indépendants de tout sujet récepteur. D'un principe interne ? Mais alors ces deux actes ne seront plus spécifiquement les mêmes, surtout s'il s'agit de formes essentielles qui ne comportent point de degrés. La différence interne dans ce cas devient une

son essence, nous l'accordons. Si on la revêt en plus d'une exigence particulière par rapport à telle quantité déterminée, à telle partie de l'étendue, nous le nions.

La matière garde la même essence sous les actuations multiples dont elle est susceptible, mais avec chaque forme nouvelle elle constitue un être individuel doué d'une étendue propre, qui ne sera plus identiquement la même aux autres étapes de son évolution passive. Sous cet aspect réellement singulier, spécial à chaque information, la matière revêt un caractère nouveau que ne contient point nécessairement son essence, à savoir l'incommunicabilité.

En d'autres termes, la matière première est principe d'individuation en tant qu'elle est le sujet récepteur d'une seule forme.

Dans la forme au contraire se retrouvent toujours à la fois la même essence, et la même aptitude à une multiplication indéfinie, à moins de la considérer en connexion avec telle matière quantifiée, c'est-à-dire individualisée par son sujet récepteur.

C'est pour distinguer ce double aspect de la matière, l'un qui la rend comparable à la forme au point de vue de la communicabilité, l'autre qui sauvegarde son rôle de principe

différence formelle, c'est-à-dire spécifique. — Cfr. P. de Backer, *Cosmologia*, p. 65. Paris, Briguet, 1899.

Pour la justification de ce principe thomiste, voir aussi : Balthazar, *L'être et les principes métaphysiques*, pp. 17 et suiv. Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1914. — Remer, *Summa praelectionum philosophiae scholasticae, Metaphysica generalis*, q. III, pp. 304-310. Prati, Giachetti, 1900.

On ne peut nier que ce principe sur lequel s'appuie en dernière analyse la théorie thomiste de l'individuation, repose sur des assises solides. Jouit-il d'une telle évidence qu'il ne laisse subsister aucun doute ?

Nous n'oserions l'affirmer. Il est difficile de concevoir comment un acte fini puisse renfermer toute la perfection possible de son espèce, au point de rendre impossible la réalisation d'un second acte de même type spécifique. Toutefois, jusqu'ici, nous n'avons rencontré aucune critique qui l'ait sérieusement ébranlé.

d'individuation, que saint Thomas avait coutume d'opposer l'*essentia materiae* à la *ratio materiae* [1]).

116. Opinion de Suarez. — Le principe d'individuation de tous les êtres, dit Suarez, n'est autre que leur réalité substantielle.

Dans les substances composées, la matière et la forme s'individualisent d'elles-mêmes, et constituent, dans leur union intime, les deux principes d'individuation du corps.

Chez les purs esprits, exempts de toute composition physique essentielle, l'entité simple de l'essence est d'elle-même un individu.

Il n'y a donc à cet égard aucune différence à établir entre les êtres matériels et les substances d'ordre supérieur.

Les uns et les autres comprennent des individus multiples dans les limites de la même espèce, parce qu'ils sont contingents. Partout où l'essence ne se confond point avec l'existence, elle est concevable d'une manière abstraite et réalisable en une multitude indéfinie d'êtres spécifiquement identiques [2]).

117. Critique de cette théorie. — L'opinion suarézienne présente plus d'un point de contact avec la théorie thomiste.

D'abord, la première condition requise pour qu'une chose se prête à des copies de même nature, c'est la contingence ; Dieu est essentiellement un, parce qu'il trouve en lui-même la raison de son existence.

[1]) Opusc. *De principio individuationis.* « Ratio enim materiae sub forma aliqua est alia a ratione sua sub alia forma, quia certificatur ratio sua per determinationem quantitatis, quae in diversa proportione et dimensione requiritur ad diversas formas. Essentia enim materiae non diversificatur sub diversis formis sicut ratio sua. » Cfr. Mielle, *La matière première et l'étendue*, p. 31. Fribourg, 1898.

[2]) Suarez, *Metaphys.* Disp. 5 : *De unitate individuali.* Sect. 6 : *De principio individuationis substantiarum*, n. 1.

En second lieu, un individu donné se distingue d'un autre par toute la somme de réalité qui le constitue, et le principe d'individuation doit se trouver dans les entrailles de l'être substantiel.

En deux points essentiels, Suarez se sépare du philosophe médiéval.

La contingence, dit-il, conditionne la possibilité d'une multiplication individuelle. D'accord ; s'ensuit-il qu'elle en est, comme il l'affirme, la condition suffisante ?

Saint Thomas exige en plus que la forme essentielle de l'être soit naturellement destinée à un sujet récepteur, et c'est en cela qu'il place la raison prochaine, immédiate de la distinction purement numérique. Le principe sur lequel repose cette assertion n'est pas d'une évidence absolue, surtout si on l'envisage dans un sens exclusif. Néanmoins, les critiques de Suarez, nous le montrerons bientôt, n'en ont point démontré la fausseté.

Quant aux substances corporelles, la théorie suarézienne semble plutôt une fin de non-recevoir qu'un essai de solution.

A la question de savoir quelle est dans un individu déterminé la raison foncière et ultime de l'incommunicabilité et de la distinction d'avec les individus de même type spécifique, le philosophe espagnol se contente de répondre que l'être individuel lui-même est principe de son individuation.

Pareille solution n'est acceptable qu'à défaut de toute autre ; car, en fait, elle n'explique rien.

L'explication thomiste, au contraire, rattache l'origine dernière de ce phénomène à la matière quantifiée, et remonte de la sorte aussi loin que possible dans la série des causes ; elle indique un principe réel qui jouit de toutes les notes caractéristiques de l'individualité et se trouve partant en mesure d'individualiser la forme sans en modifier le caractère spécifique.

Suarez prend à partie la théorie thomiste et soulève contre

elle bon nombre de critiques [1]). Pour notre part, nous ne comprenons pas l'importance qu'il y attache.

A dessein, nous avons rencontré plus haut les deux principales. L'une revient à refuser à la matière première l'incommunicabilité, sous prétexte qu'elle peut être successivement actuée par des formes différentes. L'autre consiste à dire que la capacité de la matière à l'égard de telle quantité déterminée est consécutive à la réception de la forme essentielle.

Toutes les deux procèdent d'une fausse interprétation de l'opinion thomiste.

Sans doute la même matière, au cours des transformations profondes de la nature, se revêt de formes diverses ; mais il est faux qu'elle conserve aux divers stades de son évolution passive la même relation avec telle partie spéciale de l'étendue. Or l'incommunicabilité lui vient de ce rapport essentiellement particulier.

De même, la quantité réelle suit l'union de la matière et de la forme ; au contraire, l'aptitude de la matière à l'égard de telle quantité précède logiquement la forme essentielle qui la fait passer de la puissance à l'acte.

Cette priorité suffit dans la question présente.

L'activité

Les forces ou les puissances actives et passives de l'être corporel

118. L'activité des corps. — Parmi les propriétés de la matière, la première dont il a été question, est la quantité et son complément naturel, l'étendue. Après en avoir décrit la nature, nous en avons montré le rôle dans l'économie des phénomènes corporels.

La quantité ne révèle cependant point les aspects les plus intéressants des êtres matériels. Elle introduit, il est vrai,

[1]) *Loc. cit.*, sect. 3 : *An materia signata sit principium individuationis ?*

le multiple dans la substance, elle circonscrit son expansion dans l'espace et détermine cet état primordial dont toutes les modalités de l'être seront forcément tributaires, puisque toutes participent à l'étendue. Néanmoins, elle manque de cette virtualité sans laquelle la nature entière resterait figée dans une immobilité absolue. Elle est inerte, dépourvue de toute activité.

Or, l'ordre cosmique est avant tout un ordre dynamique. Le monde est une vaste scène où tous les éléments, même les plus infimes, prennent part à l'action commune et concourent au bien de l'ensemble. Tous sont dépositaires de certains pouvoirs d'agir, appropriés à leur nature respective.

Tel est le langage de l'expérience confirmé par le témoignage de notre conscience individuelle.

Cette activité, nous la percevons en effet directement dans les efforts qui accompagnent l'élaboration de nos pensées, dans les démarches spontanées de notre volonté, dans ces multiples mouvements corporels dont nous prenons nous-mêmes l'initiative ou la direction.

La conscience nous dit aussi que nous avons avec le monde extérieur des relations de tous les instants ; que nous agissons sur la matière et que nous en subissons la réaction.

Bien plus, ces relations varient avec la diversité des êtres qui nous entourent ; et les impressions éprouvées par nos organes sensoriels, correspondent adéquatement aux propriétés des corps qui paraissent les produire. Il est donc logique d'en conclure que les êtres matériels sont de vrais agents, de vraies causes efficientes, capables de modifier plus ou moins profondément l'état de notre organisme.

La matière agit donc réellement sur la matière. Et puisque partout, dans tous les phénomènes matériels, nous découvrons cette constante adaptation que formule le principe de causalité, nous sommes en droit de regarder le monde matériel comme un vaste complexus d'agents et de patients, de causes et d'effets.

D'ailleurs, la théorie électronique, très en vogue à l'heure présente, est bien faite pour donner à ces inductions cosmologiques une précieuse confirmation. A l'encontre du mécanisme qui bannit toute activité de la substance corporelle, la théorie nouvelle y voit un réservoir presqu'inépuisable d'énergie ; elle se demande même si la matière est autre chose que de l'énergie électrique condensée. Il n'y a là, en somme, que l'exagération d'un fait évident, savoir l'étonnante richesse de la nature et sa prodigieuse fécondité [1]).

[1]) Bien que l'activité de la matière soit une donnée de sens commun, confirmée d'ailleurs par une induction philosophique certaine, plusieurs philosophes, notamment Geulinx et Malebranche [*]) se sont refusés à doter les corps d'un réel pouvoir dynamique.

Pour eux, l'activité n'appartient qu'à Dieu seul ; la créature offre simplement au créateur l'occasion de l'exercer. De là, le nom d'occasionalisme donné à ce système.

A première vue, on s'étonne que des penseurs aient pu professer sincèrement une erreur aussi manifeste. A la réflexion, cette erreur se comprend aisément si l'on tient compte du côté mystérieux que présente la causalité efficiente. Qu'un agent fasse apparaître dans le monde une entité nouvelle, et cela sans subir lui-même, de ce chef, une diminution, un amoindrissement quelconque, n'y a-t-il pas là un de ces phénomènes qui dépassent la portée de notre intelligence ? Nous pouvons montrer sans doute, que, dans ce phénomène, tous nos principes de métaphysique sont parfaitement sauvegardés. Néanmoins, il reste vrai que le « quomodo » nous échappe, et que le fait, d'ailleurs certain, doit prendre place parmi les problèmes insolubles de la philosophie naturelle.

Le grand tort de ces philosophes fut donc de n'avoir pas su distinguer le *mode* d'efficience et le *fait* de l'efficience. Si notre intelligence est impuissante à découvrir la nature intime du fait, ce n'est point un motif pour en nier l'existence lorsque celle-ci est dûment constatée.

Logiquement, le mécanisme cartésien doit aboutir à la même erreur.

En n'admettant dans l'univers d'autre principe d'activité que le mouvement local, le mécanisme a aussi, en fait, dépouillé la nature matérielle de sa plus noble prérogative, car le mouvement de cette espèce ne peut, dans aucun cas — nous l'avons longuement établi plus haut — produire un effet ni même engendrer un simple mouvement. Dès lors, pour expliquer les changements incessants dont le monde est le théâtre, il ne reste plus qu'à recourir au créateur, à lui attribuer et à lui seul tout le domaine de la causalité.

[*]) MALEBRANCHE, *Recherches de la vérité*, liv. 6, c. 3. Paris, 1674.

119. Caractère général et nécessité des puissances corporelles. — Le principal objet de cette étude sera de rechercher quelle est la nature de ces principes d'activité et de fécondité.

Pour le mécanisme, le mouvement local, en ses modes multiples, embrasse à lui seul tout le domaine de la causalité efficiente. La matière est inerte, le mouvement est l'agent unique et à la fois l'expression complète de ses changements. Double erreur, aussi inconciliable avec les faits scientifiques qu'avec les principes les mieux établis de la métaphysique [1]).

Pour les scolastiques au contraire, le mouvement conditionne ou accompagne simplement les activités des corps, il est de lui-même incapable d'aucune efficience réelle.

Le principe foncier de toutes les énergies naturelles est la substance. Seulement, comme dans aucun être créé l'action n'est une perfection substantielle, il est nécessaire que des puissances accidentelles canalisent pour ainsi dire cette source d'énergies, la distribuent en virtualités diverses en rapport avec les divers modes d'action dont l'être est capable. Et de ces pouvoirs secondaires, intimement unis à la substance et émanés de son sein, procèdent, comme de leurs causes immédiates, toutes les activités corporelles.

A l'encontre du mouvement local, dont le caractère essentiel est la fugacité et le changement continu, les puissances constituent des manières d'être stables, permanentes, des qualités qui perfectionnent la substance et la mettent en mesure de poursuivre ses fins propres ; en un mot, elles en sont le rayonnement visible.

120. Première classification des puissances. — D'après leur *origine,* les forces de la matière inorganisée se rangent en deux grandes catégories. Les unes sont intrin-

[1]) Cfr. D. Nys, *Cosmologie,* tome I, Art. IV : *Le mécanisme au point de vue philosophique.*

sèques aux êtres, les autres extrinsèques ou communiquées du dehors.

Tout corps de la nature, quel que soit l'état où il se trouve, est toujours doué d'un certain nombre de pouvoirs d'action : tels, par exemple, l'affinité chimique, l'électricité, le magnétisme, les énergies calorifique et luminique, les forces de résistance, de répulsion et d'attraction. Ces puissances ont leurs racines dans la substance même du corps et ne peuvent en être séparées. Ce sont des forces intrinsèques.

Il en est d'autres dont l'être corporel n'est pas lui-même la cause originelle. Il les reçoit au cours de son existence et s'en voit dépouiller sans aucun préjudice de sa perfection naturelle.

Telles sont les forces motrices, d'origine purement mécanique, communiquées au corps par d'autres corps en mouvement. Nous l'avons démontré plus haut, chaque fois qu'une masse en mouvement vient par un choc tirer un mobile de son état de repos, elle lui communique une impulsion, une qualité motrice d'où résulte le déplacement local. Cette énergie réelle est une énergie d'emprunt totalement étrangère à la nature intime du mobile et qui disparaîtra si des obstacles lui opposent une résistance suffisante [1]).

121. Deuxième classification. — On divise aussi les puissances en puissances *actives* et puissances *passives*.

Les premières sont ainsi dénommées, parce qu'elles ont d'elles-mêmes une adaptation complète et prochaine à leur effet. De leur côté, rien ne manque à l'action. Mais il se peut que certaines conditions extrinsèques, nécessaires au déploiement de leurs énergies, fassent défaut, et dans ce cas, elles restent forcément inopérantes, jusqu'à ce que la réalisation des circonstances favorables rende possible leur mise en exercice.

[1]) Cfr., tome I, pp. 209 et suiv.

En ce sens, elles sont actives sans être nécessairement et toujours agissantes.

Le chlore et l'antimoine, doués d'une très grande affinité mutuelle, agissent violemment l'un sur l'autre, indépendamment de toute intervention étrangère, dès qu'ils arrivent en contact. Nul ne dira que ce simple rapprochement soit la cause réelle, totale ou partielle des redoutables énergies déployées par ces deux éléments dans leur réaction chimique. D'évidence, ces forces préexistaient au contact ; celui-ci n'est qu'une simple condition d'action. La chaleur, l'électricité, la lumière mises en jeu se trouvaient donc dans chacun de ces corps à l'état de puissances actives, de forces complètement prédisposées à l'action, incapables cependant d'exercer leur virtualité native.

La plupart des énergies physiques et chimiques sont de cet ordre.

Les puissances passives, elles aussi, sont faites pour agir ; mais avant de produire leur effet, elles doivent recevoir un perfectionnement interne, une sorte de mise au point qui lève leur indétermination intrinsèque.

La puissance visuelle en offre un bel exemple.

L'œil a pour mission naturelle de percevoir la couleur et l'étendue des choses qui nous entourent, et dans l'acte de vision nous avons la conscience d'être actifs. Cependant cette activité organique serait physiquement impossible si les agents extérieurs ne venaient, par leur action mystérieuse sur la rétine de l'œil, imprimer dans la puissance visuelle une modalité particulière qui l'adapte prochainement à son acte de vision.

Le monde inorganique a aussi cette sorte de puissance en partage.

Dans l'obscurité complète aucun corps n'est coloré. Exposés à la lumière, tous se revêtent d'une coloration propre ; tous reçoivent à leur façon l'influence de l'éther lumineux et exercent ensuite sur l'organe visuel une action vraiment spéci-

fique. Chaque corps possède donc une puissance passive, une aptitude réelle à nous impressionner qui ne peut néanmoins développer son énergie que dans la mesure où elle est elle-même déterminée par la lumière. Ainsi en est-il de la capacité calorifique.

Les forces physiques peuvent même se comporter, en bien des cas, à la manière de puissances passives. Souvent en effet, dans le jeu des activités naturelles, les unes gagnent en intensité ce que d'autres ont perdu d'énergie. Elles subissent alors des altérations progressives qui se comprendraient difficilement si les puissances qui en sont le sujet n'étaient affectées d'une certaine passivité.

122. **Toutes les énergies corporelles sont-elles de même espèce ? Méthode à suivre pour résoudre cette question.** — Il ne nous est point donné de saisir directement l'essence des forces matérielles.

Le seul moyen de découvrir leur existence et leur nature, est l'étude de leurs effets. De l'apparition d'un phénomène nous concluons à la présence d'une ou plusieurs causes, et conformément aux exigences du principe de causalité, nous attribuons à celles-ci toute la perfection de l'effet. Si deux effets semblent irréductibles l'un à l'autre, nous plaçons entre leurs causes une distinction d'espèce ou même de genre.

123. **Distinction générique entre les forces purement mécaniques et les forces physiques proprement dites.** — Par « forces mécaniques pures » nous entendons ici la pesanteur, les forces de répulsion et d'attraction, la résistance, les qualités motrices communiquées au moment du choc des masses matérielles. L'ensemble de ces énergies constitue, croyons-nous, un genre distinct du son, de la lumière, de la chaleur, de l'électricité et du magnétisme, rangés sous la dénomination commune de « forces physiques proprement dites ».

Quel est, en effet, le caractère distinctif des énergies mécaniques ?

Elles ont toutes pour destination naturelle de communiquer le mouvement.

Sans doute, jamais elles ne se déploient sans produire comme effet premier et immédiat une qualité motrice dans le corps soumis à leur influence — car tout corps en mouvement possède, à raison même de son état, une force nouvelle distincte du mouvement dont il est animé — mais cette qualité même a toujours pour unique résultat appréciable la mise en mouvement de l'être qui la reçoit [1]). La pesanteur attire les corps vers le centre de la terre suivant une direction verticale, les forces répulsives les écartent les uns des autres ou les maintiennent à distance, la force attractive tend à les rapprocher, les qualités motrices les tirent de leur repos.

Bref, le mouvement, sous sa formalité commune de déplacement spatial, tel est l'unique effet qui trahisse à nos yeux l'activité de ces énergies mécaniques.

Tout autres sont les manifestations des forces physiques. Si le mouvement apparaît encore dans le terme de leur activité, son rôle est secondaire et effacé. Il cesse d'être pour elles le but principal et ultime. L'apparition d'un état nouveau, d'une qualité *sui generis*, irréductible à une simple qualité motrice, voilà le trait dominant de leur efficience.

Lorsqu'une douce chaleur vient stimuler nos membres engourdis par le froid, lorsque nos regards s'arrêtent sur les nuances variées du coloris des fleurs, lorsqu'enfin nous respirons le parfum d'un fruit ou que nous le savourons, ce que nous percevons en premier lieu, ce n'est ni le mouvement local dont s'accompagnent ces phénomènes, ni un vulgaire principe mécanique destiné à l'engendrer, c'est une manière d'être réelle, qu'il est difficile de définir, il est vrai, mais qui se trouve marquée d'un caractère étranger à toutes les causes ordinaires du mouvement.

[1]) Cfr. , tome I, pp. 209 et suiv.

Cette différence profonde entre les effets des énergies mécaniques et des forces physiques, le savant comme l'homme du peuple la constatent et l'éprouvent. Le premier seul, assez souvent du moins, pour des motifs d'ordre scientifique, croit prudent de renoncer à ses convictions spontanées.

Nous avons montré plus-haut, dans la discussion des arguments du mécanisme, que l'étude impartiale des faits n'impose pas ce sacrifice [1]). A ce moment, il suffit donc de signaler l'irréductibilité manifeste de ces deux classes de phénomènes [2]).

1) Cfr., tome I, pp. 255-264.

2) Cfr., tome I, pp. 247-249. « Si nous partons de la diversité bien déterminée et bien classée des phénomènes, écrit Hirn, nous arrivons à conclure que ce mot *force* doit être employé au pluriel. Il est impossible, par exemple, de confondre la force qui détermine les phénomènes d'attraction newtonienne, avec celle qui unit deux atomes chimiques différents, avec celle que, dès le début de ce travail, j'ai appelée la « force calorique ». On est amené, en un mot, par l'étude sévère des faits, à admettre l'existence de plusieurs forces, comme on est amené à admettre celle de plusieurs espèces d'atomes constituant autant d'unités chimiques... Nous pouvons aujourd'hui réduire à quatre le nombre de nos forces dont l'existence se manifeste à nous continuellement : la force gravifique, la force électrique, la force calorifique et la force luminique. Une classification importante s'établit, pour ainsi dire d'elle-même, parmi ces quatre forces... Chacune de ces forces est susceptible d'un mode de mouvement spécifique. » Cfr. HIRN, *Analyse élémentaire de l'univers*, pp. 69, 134 et passim. Paris, Gauthier-Villars, 1868.

« Il est facile de le montrer, dit le P. Bulliot, la théorie de l'unité des forces a contre elle plus de faits qu'il n'en faut pour la renverser, à condition toutefois que ses partisans veuillent bien rester fidèles à leurs propres principes. » Cfr. BULLIOT, *L'unité des forces physiques*, p. 31 (Extrait des *Annales de philosophie chrétienne*, 1889).

Telle est aussi la pensée de M. DUHEM. Cfr. *L'évolution de la mécanique : « La physique de la qualité »*, pp. 197-208. Paris, A. Joannin, 1903. — OSTWALD, *L'énergie*, pp. 128 et suiv. Paris, Alcan, 1910. —VIGNON, *Notion de force*, etc. Paris, Société zoologique de France. 1900. — BOUTROUX, *De la contingence des lois de la nature*, 2e éd., p. 64. Paris, Alcan, 1895. — *De l'idée de la loi naturelle*, p. 55. Paris, Société française d'imprimerie, 1913. — DUNAN, *La perception des corps* (*Revue philosophique*, tome 53, 1902, p. 571). — BOUTY, *La vérité scientifique*, pp. 271 et suiv. Paris, Flammarion, 1908. — PICARD, *La science moderne*, p. 130. Paris, Flammarion, 1909.

124. Les forces physiques sont spécifiquement distinctes les unes des autres. — Faut-il enrichir les cadres de cette classification de divisions nouvelles, en attribuant à chacune des énergies physiques un être vraiment spécifique ? Ou bien suffit-il d'établir entre elles de simples différences individuelles compatibles avec l'unité d'espèce ?

A notre avis, la première de ces hypothèses est la seule qui puisse se concilier complètement avec le témoignage des sens et le langage des faits.

Première preuve. — C'est par les sens externes que l'homme se met en relation avec le monde qui l'entoure, notamment avec les forces physiques de la matière. A l'heure présente, il est universellement admis qu'il existe entre ces organes sensoriels une distinction spécifique, au double point de vue anatomique et physiologique. En fait, lorsque l'activité de l'un d'eux vient à faire défaut, jamais les autres ne peuvent y suppléer. Les couleurs et les phénomènes relatifs à la lumière sont inconnus de l'aveugle-né ; le sourd n'a aucune idée du son.

Or, avec raison, l'on se demande pourquoi le Créateur aurait pourvu chacun de nos sens d'une constitution et d'une activité spécifiques si les propriétés matérielles qu'ils doivent nous faire connaître sont de nature identique.

« Il est inadmissible, écrit M. Ostwald, que des choses que nous reconnaissons comme différentes puissent être identiques, car si elles l'étaient, il n'y aurait évidemment aucune raison pour qu'elles agissent de façons différentes sur nos organes des sens, en supposant, bien entendu, des états comparables de ces organes. Ainsi, de ce que nous savons distinguer l'énergie électrique de la force vive, et le travail de la lumière, nous pouvons conclure en toute assurance que ces énergies sont différentes » [1]).

[1]) Ostwald, *L'énergie*, p. 128. Paris, Alcan, 1910.

Objection. — On dira peut-être : les agents physiques, malgré leur homogénéité essentielle, se manifestent par des modes spécifiques de mouvement. Or, il se peut que ces modalités diverses ne soient réellement perceptibles que par des organes de structure et d'activité fonctionnelle différentes.

D'abord, ne l'oublions pas, l'objet propre des perceptions visuelles, olfactives, gustatives, etc., n'est pas, comme on l'insinue, un simple mouvement local mais une qualité ou un état affectif essentiellement irréductible au mouvement ; celui-ci est un phénomène concomitant, d'importance très secondaire, qui souvent échappe complètement à l'activité spécifique du sens. L'œil, par exemple, perçoit la couleur des corps sans saisir les mouvements de l'éther qui en accompagnent la transmission. Il en est de même de l'odorat, du goût, de la sensation de température fournie par le toucher.

Si donc nos organes sont des instruments appropriés à leurs fins naturelles, si ces fins nous donnent la raison de leur nature distinctive, ne faut-il pas aussi que les qualités corporelles, c'est-à-dire les agents physiques, reflètent la diversité spécifique que la nature a placée dans nos instruments de connaissance ? Le recours au mouvement est ici non avenu.

De plus, à entendre certains partisans du mécanisme, il semble que l'hypothèse des mouvements spécifiques lève toutes les difficultés inhérentes à l'interprétation des phénomènes physiques.

Ont-ils bien pesé le sens de ce terme « mouvement spécifique » ? Pour les plus réalistes, le mouvement se réduit à un accident mobile dont le propre est de fournir au corps des situations successives dans l'espace. Il localise, sans plus. Or, conçoit-on qu'il puisse y avoir dans cette fonction purement localisatrice des diversités spécifiques ?

Les mouvements, il est vrai, se différencient par leur vitesse et leur direction ; en réalité, ce sont là deux relations qui ne changent en rien la nature de leur être fugitif. D'ailleurs, y eût-il à ce double point de vue des modes spécifique-

ment distincts de mouvement, on n'aurait pas encore le droit d'en conclure que, pour les percevoir, il nous faille des puissances sensibles spécifiquement différentes.

En effet, quant à la direction, nous discernons sans peine, par le même sens de la vue, les mouvements rotatoires, vibratoires, ondulatoires et de simple translation, bien que ces modes de direction diffèrent considérablement les uns des autres.

La vitesse, dira-t-on, trace entre les mouvements des démarcations plus profondes ! Soit. Mais la lumière et la chaleur rayonnante ne nous arrivent-elles pas du soleil avec la même vitesse de propagation ? Cependant l'œil, en tant que puissance visuelle, est sensible à l'une de ces forces, insensible à l'autre. Preuve nouvelle que les activités spécifiques des organes n'ont pas pour cause les degrés de vitesse du mouvement.

Deuxième preuve. — Certaines découvertes d'origine assez récente apportent à cette doctrine une puissante confirmation.

Par l'étude de la loi de corrélation qui régit les forces de la nature, les physiciens sont parvenus à déterminer avec une précision étonnante les rapports d'équivalence qui président au remplacement mutuel de plusieurs énergies physiques.

L'une des découvertes les plus intéressantes à ce sujet est celle de l'équivalent mécanique de la chaleur. Cet équivalent, on le sait, est de 425 kilogrammètres. Cela veut dire que si l'on dépense totalement une calorie à effectuer un travail mécanique, la force motrice produite par la chaleur serait capable de soulever en une seconde, à un mètre de hauteur, 425 kilogrammes.

De même, il résulte de nombreuses expériences que l'électricité, elle aussi, a son équivalent mécanique et thermique.

Il est donc possible de rendre ces trois unités de force absolument identiques au point de vue mécanique.

Or, lorsqu'elles sont réduites à une commune mesure, la chaleur, l'électricité, la force motrice, ne perdent point leurs

traits différentiels. Elles restent à nos yeux aussi qualitativement distinctes que le sont d'ordinaire la lumière, les saveurs, le son, les odeurs.

D'où la conclusion évidente que sous l'égalité mécanique se cache un facteur de spécification.

125. Opinion des physiciens. — La lumière, la chaleur rayonnante et l'électricité ont entre elles, tous les physiciens en conviennent, de très grandes analogies. Toutes ces énergies se propagent avec la même vitesse de 300.000 kilomètres à la seconde, et sont soumises aux mêmes lois de réfraction, de polarisation, de réflexion, etc. Mais elles se différencient par leur longueur d'onde. Les radiations photographiques, dites ultra-violettes, ont une longueur d'onde qui varie de 1/10000 à 4/10000 de millimètre environ. Les radiations lumineuses ont une longueur d'onde de 4 à 8/10000 de millimètre. Les vibrations calorifiques infra-rouges, de 61/1000 de millimètre. Quant aux vibrations électriques, à la longueur d'onde desquelles il n'y a pas de limite supérieure, on n'a pas encore pu en obtenir avec des longueurs d'onde inférieures à 4 millimètres [1]).

A raison de ces analogies, certains physiciens se prononcent pour l'identité de ces forces physiques ; d'autres soulignent les ressemblances, mais aiment à reconnaître que l'identification de ces énergies soulève encore de sérieuses difficultés. D'autres enfin les déclarent irréductibles les unes aux autres.

Pour M. Ostwald, toutes les énergies diffèrent les unes des autres, et la science doit prendre à tâche de faire ressortir ces différences avec la plus grande netteté [2]).

D'après M. Proumen, la chaleur, la lumière, l'électricité présentent de très grandes analogies, mais aussi des différences

[1]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 257. Paris, Flammarion, 1908.
[2]) Ostwald, *L'énergie*, p. 128. Paris, Alcan, 1910.

réelles, et « le processus intime de tous ces phénomènes est probablement bien plus complexe que ne l'imaginent nos moyens mécaniques de les représenter » [1]).

« Il est peut-être excessif, dit M. Lebon, d'en déduire l'identité des ondes hertziennes et lumineuses... On n'a jamais pu obtenir avec les ondes lumineuses aucun phénomène électrique ou magnétique ». Il ajoute : « La chaleur rayonnante ne paraît pas davantage s'identifier avec l'électricité. Il y a parallélisme, mais les causes des deux phénomènes n'ont entre elles que de lointaines analogies » [2]).

M. Duhem est aussi partisan de la distinction spécifique des forces physiques, mais avec cette réserve que la lumière et l'électricité sont réductibles l'une à l'autre. « L'éclairement n'est pas une qualité première ; la vibration lumineuse n'est autre chose qu'une polarisation diélectrique périodiquement variable ; la théorie électromagnétique de la lumière, créée par Maxwell, a résolu une propriété que l'on croyait irréductible » [3]).

M. Brunhes admet une distinction essentielle entre la lumière et le son : « L'une des différences capitales entre la lumière et le son est que la lumière n'exige pas, pour se transmettre de la source lumineuse jusqu'à notre œil, une continuité ininterrompue de milieux matériels. Elle traverse le vide », ...« tandis que le son a pour véhicule la matière ».

Mais pour lui, la lumière semble devoir se ramener à l'électricité : « La cause de la lumière serait un phénomène électrique, un phénomène électrique particulier ayant comme caractère essentiel d'être périodique et à période très brève, le nombre de ces périodes se chiffrant en centaines de trillions par seconde ». Si les lois qui régissent les deux phénomènes

[1]) PROUMEN, *La matière, l'éther, l'électricité*, p.149. Paris, Desforges, 1909.

[2]) LEBON, *L'évolution des forces*, p. 142. Paris, Flammarion, 1908.

[3]) DUHEM, *La théorie physique, son objet et sa structure*, pp. 209-211. Paris, Chevalier, 1906.

sont les mêmes, ajoute-t-il, ces phénomènes présentent encore des différences considérables dans leur longueur d'onde [1]).

Telle est l'opinion de MM. Manville [2]) et Picard [3]). « Toutes ces expériences, dit M. Manville, mettent en évidence la grande analogie qui existe entre les ondes de l'*éther lumineux* et les *ondes électromagnétiques*, et il est permis de croire que si ces dernières avaient leur période un million de fois plus petite, elles ne différeraient pas sensiblement des ondes lumineuses. »

Lucien Poincaré constate des analogies frappantes entre la lumière et l'électricité, mais il y découvre aussi des différences notables. « Les seules différences qui subsistent nécessairement (entre la lumière et l'électricité) sont celles qui sont dues à l'écart considérable qui existe entre les durées des périodes de ces deux catégories d'ondes... Une telle distance sépare ces radiations, qu'on ne saurait s'étonner que les propriétés n'aient pas une parfaite similitude. » Ajoutons, qu'à son avis, la synthèse de la lumière n'est pas encore réalisée [4]).

Le jugement de H. Poincaré paraît plus catégorique : « Les rapports de l'électricité et de la lumière sont maintenant connus ; les trois domaines de la lumière, de l'électricité et du magnétisme, autrefois séparés, n'en font plus qu'un, et cette connexion semble définitive ». Il reconnaît cependant que la réduction de ces propriétés soulève encore des difficultés dignes d'attention [5]).

D'après M. Boucher, « l'attraction, en particulier, se

[1]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 273. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Manville, *Les découvertes modernes en physique*, p. 163. Paris, Hermann, 1909.

[3]) Picard, *La science moderne*, p. 152. Paris, Flammarion, 1910.

[4]) L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, pp. 180-184. Paris, Flammarion, 1909.

[5]) H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, pp. 204 et suiv. Paris, Flammarion, 1909. — Cfr. Bouty, *La vérité scientifique*, pp. 255-257. Paris, Flammarion, 1908. — Enriques, *Les concepts fondamentaux de la science*, pp. 247 et suiv. Paris, Flammarion, 1913.

montre bien différente de toutes les autres forces; elle n'est arrêtée, ni modifiée en aucune façon par l'interposition de la matière ; tous les corps sont, comme on l'a dit, absolument transparents à la gravitation... La chaleur et la lumière sont absolument analogues, mais nos sens nous les font voir de différentes façons » [1]).

M. Nernst n'établit aucune différence de principe entre les vibrations lumineuses et les vibrations électriques.

« Ainsi l'optique, dit-il, est devenue en fait un chapitre spécial de l'électricité, de même que le magnétisme en est un depuis longtemps ». Mais il ajoute : « Malgré cela, la question de la nature de l'électricité est restée dans son ensemble ce qu'elle était auparavant ». Il s'inscrit même en faux contre « cette assertion, nullement motivée, que l'électricité n'est qu'un état vibratoire. » Pour les physiciens, les impressions sonores se ramènent à des vibrations de l'air. « Si quelqu'un, écrit-il, s'appuyant sur les résultats de l'acoustique, venait à nous dire que l'air n'est qu'un état vibratoire, nous saisirions sans peine le non-fondé de cette assertion, et cependant on a souvent, dans ces derniers temps, commis vis-à-vis de l'électricité, une erreur en tous points semblable » [2]).

126. Conclusion. — Les forces physiques peuvent être étudiées à un double point de vue :

Du point de vue métaphysique ou cosmologique, elles se présentent à nous comme des *qualités* spécifiquement distinctes entre elles et *irréductibles* [3]).

Du point de vue physique, on a coutume de les représenter sous forme de mouvements vibratoires, et sous cet aspect spécial, trois de ces forces, la lumière, l'électricité et le

[1]) BOUCHER, *Essai sur l'hyperespace, le temps, la matière et l'énergie*, pp. 125-127. Paris, Alcan, 1905.

[2]) NERNST, *Traité de chimie générale*, 1 vol., pp. 440 et suiv. Paris, Hermann, 1911.

[3]) MEYERSON, *Identité et réalité*, pp. 320-330. Paris, Alcan, 1912.

magnétisme offrent des analogies étroites que relèvent d'ailleurs tous les physiciens.

Si l'accord est unanime à ce sujet, il l'est aussi quand il s'agit de signaler certains caractères qui les distinguent encore les unes des autres. Mais, nous venons de le voir, les physiciens et les chimistes les plus accrédités, notamment Duhem, Ostwald, Nernst, etc., ont soin d'ajouter que la réduction des *vibrations* lumineuses ou autres aux *vibrations* électromagnétiques ne tranche nullement la question de la nature ou du caractère qualitatif des forces, dont l'activité s'accompagne de ces vibrations.

En d'autres termes, le point de vue physique n'est pas exclusif du point de vue métaphysique ; entre les deux peut même exister un accord complet.

Enfin, notons encore que le progrès incessant de la physique expérimentale amène fréquemment la découverte de nouvelles catégories de phénomènes. De là, dit M. Duhem, « deux mouvements contraires dont l'un, réduisant les qualités les unes aux autres, tend à simplifier la matière, dont l'autre, découvrant de nouvelles propriétés, tend à la compliquer. Quel est celui qui l'emportera ? Il serait imprudent de formuler à ce sujet une prophétie à longue échéance » [1]).

127. Aspect commun et secondaire des forces physiques. — Tout en revendiquant pour chacune des énergies physiques une nature spéciale, nous ne prétendons point méconnaître le caractère mécanique de leur activité.

Depuis longtemps d'ailleurs, la science a établi que les forces physiques ne produisent jamais un effet qui ne soit accompagné de mouvement.

Le son se caractérise par un mouvement ondulatoire qui a pour véhicule obligé l'air ou les masses pondérables ; la

[1]) DUHEM, *La théorie physique, son objet, sa structure*, p. 211. Paris, Chevalier, 1906.

chaleur rayonnante se propage en imprimant à l'éther des vibrations transversales ; la chaleur conductible se transmet de proche en proche avec un mouvement spécial des particules matérielles, ou peut-être des électrons ; la couleur se rend perceptible à nos yeux, grâce aux mouvements continus du milieu éthéré.

Il faut donc reconnaître à chacun de ces agents une double efficience, l'une spécifique, propre à chacun d'eux, l'autre commune à tous, celle d'imprimer un mouvement aux corps soumis à leur influence.

Quoique spécifiquement distincts les uns des autres et destinés avant tout à communiquer aux êtres corporels des états qualitatifs de nature diverse, ces agents remplissent par conséquent, en ordre secondaire, le rôle de forces motrices.

Lorsque la chaleur agit sur un corps, le premier effet qu'elle y produit, c'est une qualité propre, une manière d'être spéciale que nulle autre énergie ne peut réaliser directement et que nous appelons l'échauffement. Mais en même temps, et comme effet secondaire, elle dilate le corps et donne lieu à des mouvements moléculaires, proportionnels à l'élévation de température.

Toutes les énergies physiques jouissent de cette double virtualité qui nous explique à la fois la spécificité et l'aspect mécanique de leurs effets.

128. Pourquoi le mouvement local accompagne-t-il l'exercice des forces physiques ? — L'étendue pénètre toutes les qualités corporelles ; elle leur est si intimement unie qu'elle conditionne leur existence naturelle. Aussi nous est-il impossible de percevoir une couleur, une résistance, un certain degré de température, autrement que sous la forme d'une étendue colorée, d'une étendue chaude ou froide, d'une étendue résistante.

Telle étant la connexion indissoluble qui relie toutes les modalités d'un être à son extension spatiale, on comprend

que toute modification produite dans une qualité ou énergie physique, a son contre-coup fatal dans l'étendue.

Bien plus, à raison même de cette intime fusion, non seulement la qualité physique et l'étendue ne peuvent rester indifférentes aux altérations l'une de l'autre, mais toutes les deux doivent partager le même sort, subir au même degré le changement dont elles sont l'objet. La chaleur, par exemple, vient-elle à échauffer un corps, elle influencera son extension avec la même intensité qu'elle change son état thermique.

Or, le changement de l'étendue ou de la position d'un corps dans l'espace, c'est le mouvement.

La production d'une qualité corporelle doit donc s'accompagner d'un mouvement local qui est à la fois la mesure du phénomène qualitatif.

L'expérience confirme en tous points ces déductions [1]).

129. **Finalité de cette concomitance.** — Sans le mouvement, le monde matériel se trouverait depuis des milliers d'années dans un état d'inertie et de mort.

Les activités corporelles ne s'exercent qu'au contact. Mais, une fois cette condition réalisée, toutes les actions possibles sans l'apport d'énergie étrangère, s'accomplissent fatalement, car la matière n'a le choix ni du moment ni de la mesure de son activité. Elle agit quand elle peut et avec toute l'intensité dont elle est capable.

[1]) Par « changement d'étendue » nous désignons ici soit un accroissement de volume, soit un simple déplacement spatial. Pour nous, la réalité du mouvement local consiste dans une succession ininterrompue d'accidents localisateurs dont le propre est de donner au corps son extension, et de le fixer à telle ou telle place de l'espace. Le mouvement local, qui implique essentiellement un changement de lieu ou d'ubication, entraîne donc avec lui un changement d'étendue. Mais comme ces étendues concrètes qui se succèdent sans interruption peuvent être équivalentes les unes aux autres, il se peut aussi qu'un mouvement se produise sans modification de volume. Cfr. D. Nys, *La nature de l'espace d'après les théories modernes*, Bruxelles, Hayez, 1907.

Cette loi naturelle admise, supposez maintenant que les agents physiques et chimiques aient été soustraits de tout temps à la nécessité de développer avec leurs effets une certaine quantité de mouvement; seuls les corps en contact, au début de la création, se seraient livrés à leur évolution tranquille, mais après cet échange d'activités, ces mêmes corps, soumis désormais à des conditions de milieu et de voisinage toujours identiques, seraient entrés dans une période de repos absolu qui durerait encore de nos jours.

Pour les autres êtres matériels, aucune action nouvelle n'eût été possible, puisque le mouvement seul peut rapprocher les corps isolés ou modifier leurs rapports.

Heureusement, le Créateur a pourvu à ce besoin. En douant toutes les énergies de la matière d'un pouvoir dynamique, il a soumis du même coup le monde à un perpétuel mouvement. C'est, en effet, sous l'empire de cette nécessité que les forces chimiques et physiques modifient à chaque instant les relations spatiales, provoquent des rencontres nouvelles et favorisent ces transformations sans cesse renaissantes qui constituent le cours normal de la nature [1]).

Tels sont l'importance et le but du double caractère des forces matérielles [2]).

130. Il existe entre les diverses puissances corporelles un ordre de subordination. — Les multiples puissances des êtres supérieurs, notamment de l'animal et de l'homme, sont réunies en un seul faisceau par une interdépendance mutuelle.

Chez l'être humain, par exemple, les forces végétatives

[1]) Cfr. Aristoteles, *De generatione et corruptione*, Lib. II, c. X, éd. Didot, t. II, pp. 464-465).

[2]) S. Thomas, *Sum. cont. Gent.*, Lib. I, c. 20. « Nullum corpus agit nisi moveatur, eo quod oportet agens et patiens esse simul vel faciens et factum. Simul autem sunt quae in eodem loco sunt, locum autem non acquirit corpus nisi per motum. »

concourent à l'entretien de l'organe et conditionnent de la sorte l'exercice des activités sensibles. Celles-ci, à leur tour, ont leur part d'intervention dans le déploiement de la vie intellectuelle, qui de son côté éclaire et guide la volonté libre. Par contre, la volonté, une fois mise en branle, exerce son influence sur l'intelligence, soutient ou développe son énergie, règle dans une certaine mesure les puissances sensibles et produit ainsi indirectement des modifications plus ou moins profondes dans le domaine de la vie végétative [1]).

Cette solidarité de toutes les manifestations de la vie humaine se retrouve, à un degré moindre mais réel, dans les activités du monde inorganique.

Ici, il est sans doute plus difficile de classer les énergies d'après leur perfection relative ; elles sont toutes communes à la matière brute. On ne peut nier cependant qu'un ordre bien déterminé préside à leur déploiement.

Parmi les puissances du corps, les premières qui se manifestent au cours des phénomènes naturels, sont les *forces mécaniques*. Plusieurs d'entre elles sont même toujours en exercice, sous l'une ou l'autre forme ; la matière, on le sait, attire la matière sans aucune interruption, oppose une certaine résistance au milieu qui l'entoure.

C'est surtout au début des phénomènes chimiques que leur activité devance visiblement celle de leurs congénères ; à elles seules appartient en réalité l'initiative de l'action. Les corps, pour se combiner, requièrent au préalable le contact immédiat de leurs molécules. Or, ce contact se réalise par le jeu de forces attractives et répulsives dont nous avons décrit plus haut le caractère mécanique.

Quant à l'éveil des *énergies physiques*, chaleur, lumière, électricité, il est d'ordinaire consécutif à la mise en exercice des forces mécaniques. La chimie en donne une preuve

[1]) Cfr. S. Thomas, *Summ. theol.*, P. I, q. 77, a. 4.

péremptoire dans les dégagements de chaleur et d'électricité qui accompagnent l'union intime des masses réagissantes.

Enfin, la force la plus profonde est l'*énergie chimique*. Elle ne s'exerce que dans des conditions spéciales, d'ordinaire entre corps hétérogènes et doués d'affinité mutuelle. L'éveil de cette puissance cachée dans les profondeurs de l'être présuppose toujours un certain déploiement des puissances inférieures.

Mais, chose digne de remarque, dès qu'elle a pris son essor, elle communique à toutes les forces subordonnées une recrudescence d'énergie.

Ainsi se révèle, au sein des activités de la matière brute, cette admirable solidarité que l'on constate chez les êtres vivants.

Les lois naturelles

131. Conception scientifique de la loi naturelle. — Les activités des corps, malgré l'infinie variété des circonstances où elles s'exercent, présentent cependant un caractère d'uniformité et de constance, auquel on a donné le nom de loi. Découvrir ces lois, les exprimer en formules simples et précises, établir les rapports de leur mutuelle dépendance, les grouper enfin en un système harmonique, tel est le but principal de chacune des sciences naturelles.

On comprend dès lors le vif intérêt qu'offre au cosmologue ce nouvel aspect des activités matérielles.

Mais avant de rechercher la nature intime et l'origine des lois physiques, il importe de connaître le sens et la valeur que leur accordent ceux-là même qui les découvrent et les traduisent en formules.

1° Pour les hommes de science, la loi est un rapport constant entre des phénomènes [1]. Le volume d'un gaz est en raison in-

[1]) Delbet, *La science et la réalité*, p. 278. Paris, Flammarion, 1913.

verse de la pression qu'il supporte, nous dit la loi de Mariotte. Cela signifie qu'il existe entre le volume et la pression, un rapport déterminé, non accidentel, mais nécessaire, un rapport qui se présente toujours et partout le même. La constance et l'uniformité, tels sont les caractères primordiaux de toute loi naturelle.

2° Ce rapport est objectif, antérieur à sa découverte, indépendant de la formule qui l'exprime ; ou plutôt, le fondement de ce rapport se trouve dans les données de l'expérience. D'ordinaire, on donne aussi à cette formule le nom de loi, bien qu'il soit plus exact de l'appeler l'expression de la loi.

3° La loi conçue par le physicien et le chimiste n'est ni une hypothèse, ni une explication, ni un principe.

Quoiqu'elle puisse être découverte à la suite d'une hypothèse, elle même est toujours une donnée d'expérience ou contrôlable par elle. En d'autres termes, la loi se présente comme un fait généralisé.

Une loi n'est pas davantage une explication scientifique des phénomènes.

« La matière, disait Newton, attire la matière en raison directe des masses, et en raison inverse du carré des distances. » Que le rapprochement mutuel des masses matérielles se fasse en vertu de forces attractives inhérentes à la matière, ou sous la poussée de causes extérieures, le rapport formulé par Newton demeure vrai, et c'est ce rapport dont, en fait, on ignore encore aujourd'hui l'explication véritable, qui constitue la loi.

On distingue aussi en science la loi, du principe.

En réalité, le principe est un rapport constant et uniforme constaté entre les phénomènes, mais il se caractérise par sa généralité ou l'étendue de ses applications. Il embrasse dans son domaine un nombre plus ou moins considérable de lois. Tel est, par exemple, le principe de la conservation de l'éner-

gie, que l'on peut énoncer comme suit : « Dans un système de corps soustrait à toute influence extérieure, la somme des énergies reste constante, malgré toutes les transformations dont ce système est le théâtre ». Il est clair que ce rapport, qui régit tous les changements de la matière, doit se vérifier dans chacun des rapports particuliers qui forment les lois de la chimie, de la physique, en un mot, des sciences naturelles. Tel est aussi le principe de la conservation de la masse énoncé par Lavoisier : « Quelles que soient les modifications éprouvées par la matière, la masse reste invariable. »

A vrai dire, cette distinction entre la loi et le principe n'est pas radicale. L'une ne diffère de l'autre que par un degré d'abstraction et partant d'universalité. On dirait avec raison : les principes s'identifient avec les lois les plus générales. « Ces lois empiriques, écrit L. Poincaré, amènent par induction à énoncer quelques lois générales que l'on appelle des principes ; ces principes ne sont, par leur origine, que des résultats d'expérience, et l'expérience permet de les contrôler, de vérifier leur degré plus ou moins élevé de généralité » [1]).

4° Pour les savants modernes, la loi n'est nullement synonyme d'un rapport de cause à effet.

« Il n'y a, à proprement parler, dans ces phénomènes, dit M. Bouty, ni cause, ni effet, mais un lien nécessaire tel, que, si l'on prend arbitrairement n — 1 données comme des causes, ou, en langage mathématique, comme des variables indépendantes, la ennième donnée, la fonction, sera l'effet ; mais on peut intervertir la cause et l'effet, la variable indépendante et la fonction. Leur relation constitue la loi naturelle du phénomène » [2]).

[1]) L. Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 18. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 89. Paris, Flammarion, 1908. — Rey, *Les idées directrices de la mécanique rationnelle (Revue philosophique*, avril 1912*)*, p. 354.

Affirmer, dit F. Enriques, qu'une chose est la cause d'une autre, ne peut avoir de sens que s'il s'agit de reconnaître le lien de succession invariable entre deux phénomènes, déjà définis comme tels à l'aide de sensations » [1]).

5° Enfin, bon nombre de physiciens modernes considèrent la constance de certaines lois comme un effet du hasard, c'est-à-dire comme le résultat moyen de causes très nombreuses, par elles-mêmes désordonnées.

D'après eux, les lois de Gay-Lussac et de Mariotte nous en donnent un bel exemple. Pour expliquer la pression qu'un gaz exerce sur les parois du vase qui le contient, on admet généralement qu'un corps gazeux doit être représenté comme un fourmillement de particules solides, indépendantes les unes des autres, excepté à petite distance, animées d'un mouvement très rapide, et parfaitement élastiques. Si ces particules se rencontrent, elles dévient en suivant une ligne droite, mais sans amoindrir leurs mouvements. La pression n'est que le résultat global des chocs innombrables que les parois reçoivent de ces particules. Les mouvements des molécules sont donc tout à fait désordonnés, aucune règle ne préside à leur direction, et cependant ce désordre a pour conséquence nécessaire les lois des gaz.

La raison en est, dit-on, dans la multitude énorme de molécules que contient un volume gazeux même relativement très petit. Les grands nombres peuvent donner lieu à des résultantes moyennes réellement constantes [2]). « Les effets que nos sens grossiers nous permettent d'observer, dit H. Poincaré, sont les effets *moyens*, et dans ces moyennes, les grands écarts se compensent, ou tout au moins, il est très improbable qu'ils ne se compensent pas, de sorte que les

[1]) Enriques, *Les concepts fondamentaux de la science*, p. 114. Paris, Flammarion, 1913.

[2]) Delbet, *La science et la réalité*, p. 284. Paris, Flammarion, 1913.

phénomènes observables suivent des lois simples, telles que celle de Mariotte ou de Gay-Lussac »[1]).

132. La validité et l'objectivité des lois naturelles. — Les physiciens, en général, croient à la réalité des lois naturelles[2]). Ils sont presque aussi unanimes à ne leur accorder qu'une valeur relative.

[1]) H. Poincaré, *La valeur de la Science*, p. 252. Paris, Flammarion, 1908. — Borel, *Le hasard*, c. VI. Paris, Alcan, 1914.

[2]) Suivant M. Rey, « la loi n'est que la répétition d'une même expérience ; elle est par là une donnée réelle, un objet direct d'expérience, et non un lien surajouté du dehors aux phénomènes. Elle leur est intérieure et ne fait qu'un avec eux. » Rey, *La théorie physique chez les physiciens contemporains*, p. 245. Paris, Alcan, 1907.

« La loi, écrit M. Meyerson, est une construction idéale qui exprime, non pas ce qui se passe mais ce qui se passerait si certaines conditions venaient à être réalisées. Sans doute, si la nature n'était pas ordonnée, si elle ne nous présentait pas d'objets semblables susceptibles de fournir des concepts généralisés, nous ne pourrions formuler des lois. Mais ces lois ne sont elles-mêmes que l'image de cette ordonnance, elles ne l'expriment qu'autant qu'un mot exprime la chose. » Meyerson, *Identité et réalité*, tome I, p. 22. Paris, Alcan, 1912.

Pour M. Le Roy, « le physicien veut des constantes : c'est parce qu'il veut qu'il en trouve, grâce à une violence ingénieuse qu'il fait subir à la Nature. Il veut des constantes, parce qu'une constante est le type même de ces représentations maniables qu'il recherche. La volonté d'en trouver lui en fait découvrir, parce qu'il tourmente la pâte informe des faits et en même temps sollicite doucement aux concessions nécessaires les exigences et les habitudes de son esprit. » (*Revue de Métaphysique et de Morale*, septembre 1899, p. 73). C'est à la critériologie qu'il appartient de déterminer la part de vérité et d'erreur que contiennent ces affirmations.

M. Brunhes lui répond avec à-propos : « Aucun savant, et pas même M. Le Roy, en dépit de quelques expressions peut-être équivoques, n'a soutenu que les propriétés réelles du monde n'entrent pour rien dans la constitution de la science que nous en avons, et que notre esprit n'est pas limité par des obstacles extérieurs dans la liberté de ses démarches pour organiser la connaissance scientifique ; ...lors même que ces lois viendraient à être discutées et regardées comme des tautologies, il serait toujours possible, sinon facile de leur reconnaître un caractère objectif, et d'y déceler au contraire une résistance des choses et comme une violence faite à notre science, en dépit de ses artifices pour trouver en notre monde mobile

« On a souvent admis, écrit Nernst, qu'une loi naturelle devait avoir une validité absolue ; il est difficile aujourd'hui d'accepter une telle opinion ; du moins tout nous indique qu'il n'existe pas de loi naturelle d'une portée aussi vaste. Il semble plutôt, que pour toutes les lois de la nature, il y ait une validité plus ou moins étendue, et qu'on arriverait toujours à des cas limites où la loi tombe en défaut » [1]).

M. Bouty partage aussi cette opinion : « En attendant, dit-il, un doute plane sur l'exactitude *absolue* de toutes les lois expérimentales. Il n'en est aucune, pas même celle de la gravitation, dont on puisse affirmer qu'elle est à l'abri de toute rectification possible, si celle ci ne porte que sur les grandeurs actuellement inaccessibles à nos moyens d'observation. Notre connaissance du monde physique est toujours susceptible d'être perfectionnée » [2]).

Pour H. Poincaré « aucune loi particulière ne sera jamais qu'approchée et probable » [3]). Bien plus, à son avis, toutes les lois sont le fait du savant, parce que la loi objective est quelque chose d'absolument inconnaissable. « Les lois, dit-il, considérées comme existant en dehors de l'esprit qui les crée ou qui les observe, sont-elles immuables en soi ? La question est insoluble. »

En fait, les physiciens ont dû reviser bon nombre de lois depuis longtemps acceptées, notamment les lois de Gay-Lussac et de Mariotte, le principe de l'invariabilité de la masse, etc.

Il ne suit nullement de là que les lois de la nature étaient

quelque chose de permanent, par une réalité plus forte que nous». Cfr. Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, pp. 368-369. Paris, Flammarion, 1908.

Pour M. Duhem, toute loi physique, bien que suggérée par des faits concrets, dépend cependant de l'interprétation des phénomènes et des théories admises par le physicien. Cfr. Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure*, p. 238, Paris, Chevalier et Rivière, 1906.

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, vol. I, p. 5, Paris, Hermann, 1912.

[2]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 105, Paris, Flammarion, 1908.

[3]) H. Poincaré, *La valeur de la science*, p. 251. Paris, Flammarion, 1908. — Delbet, *La science et la réalité*, p. 285. Paris, Flammarion, 1913.

fausses avant cette revision, et qu'elles le sont peut-être encore toutes aujourd'hui. L'imperfection n'est pas identique à l'erreur. Ces lois étaient simplement incomplètes.

Tantôt les corrections sont venues restreindre le domaine d'application de la loi. Récemment les phénomènes de radio-activité semblent avoir établi que la masse de l'électron est variable, qu'elle peut même s'accroître considérablement dans le cas de vitesses qui se rapprochent de celle de la lumière. La loi de la constance de la masse reste donc vraie pour les petites vitesses qui ne dépassent pas dix mille kilomètres à la seconde ; elle cesse de l'être pour des vitesses supérieures.

Tantôt les corrections déterminent avec plus de précision le rapport qui constitue la loi. Par exemple, la loi de Mariotte établissait une relation entre le volume des gaz et la pression ; elle affirmait que ces deux grandeurs sont en raison inverse l'une de l'autre. La loi de Van der Waals reconnaît que les modifications de volume ne sont pas toujours exactement proportionnelles à la pression et corrige la formule antérieure de manière à exprimer plus fidèlement le fait.

Ces travaux de retouche n'ont donc point pour résultat de mettre les lois naturelles en échec ou d'en montrer la fausseté, mais ils cherchent à serrer de plus près la réalité, à éliminer de la loi le vague et l'imprécision.

En un mot, les lois naturelles sont objectives et vraies, mais il est probable que la plupart soient encore susceptibles de perfectionnement.

133. Contingence des lois de la nature. — Ce terme « contingence » revêt des significations diverses.

Appliqué à la *formule* scientifique de la loi, il signifie que nos formules actuelles sont incomplètes, imparfaites, inadéquates au rapport objectif qui concrétise la loi. On traduirait la même pensée en disant, que les lois formulées par les sciences ne sont qu'approchées. Or, envisagée sous cet aspect, la loi, nous l'avons dit, est, pour tous les hommes de science,

affectée de contingence, susceptible de changement et de perfectionnement.

Appliquée, au contraire, non plus à l'expression humaine de la loi, mais à la loi elle-même, ou si l'on veut, au rapport qui relie entre eux les phénomènes, la contingence signifie l'absence de nécessité. Et la question revient à se demander si les phénomènes matériels sont régis par un déterminisme rigoureux, ou s'il y a place pour une certaine spontanéité. La réponse des hommes de science est catégorique : « Aujourd'hui, dit M. Bouty, personne ne met plus en doute le déterminisme des phénomènes naturels, tout au moins si on consent à le limiter à la matière non vivante [1]). »

Dans le monde matériel, tous les changements, quelle qu'en soit la nature, se produisent nécessairement. Même dans l'hypothèse des lois des grands nombres, qui expriment les effets moyens d'une multitude incalculable de causes désordonnées, telle la loi de Mariotte, la loi reste encore sous l'empire du déterminisme et de la nécessité. « Croit-on, dit H. Poincaré, au sujet de la loi de Mariotte, que les partisans de la théorie cinétique soient des adversaires du déterminisme? Loin de là, ce sont les plus intransigeants des mécanistes. Leurs molécules suivent des trajectoires rigides, dont elles ne s'écartent que sous l'influence de forces qui varient avec la distance suivant une loi parfaitement déterminée. Il ne reste pas dans leur système la plus petite place, ni pour la liberté, ni pour un facteur évolutif proprement dit, ni pour n'importe quoi qu'on puisse appeler contingence [2]). »

Cependant, à en croire certains savants, le déterminisme et la nécessité qui caractérisent les lois naturelles ne sont pas une garantie absolue de la constance de ces mêmes lois, ou plutôt, ils n'excluent pas la possibilité d'exceptions réelles.

D'après H. Poincaré, par exemple, il se peut qu'après un

[1]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 89. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) H. Poincaré, *La valeur de la science*, p. 253. Paris, Flammarion, 1908.

grand nombre de siècles, la loi de Mariotte cesse d'être vraie, et qu'au bout d'une fraction de seconde, elle redevienne vraie, et cela pour un nombre incalculable de siècles. Les molécules des corps gazeux changent incessamment de place, et dans ces déplacements continuels, les figures qu'elles forment passent successivement par toutes les combinaisons possibles. Ces combinaisons sont très nombreuses et presque toutes sont conformes à la loi, mais il n'est pas impossible que celles qui s'en écartent se produisent un jour. Si la probabilité est petite, elle n'est cependant pas nulle [1]).

On ne peut nier que, si la théorie cinétique nous fournit la vraie cause explicative de la loi de Mariotte, la suspension momentanée et naturelle de la loi reste dans l'ordre des possibilités.

Telle est aussi l'opinion de M. Boutroux :

« Puisque nos lois se vérifient, dit-il, n'est-il pas naturel et moralement nécessaire de les tenir pour immuables ? Cette conclusion dépasse l'expérience ; on ne sait si les lois physiques sont fondamentales et primitives, ou si elles ne sont que des résultantes... Et puis, ajoute-t-il avec raison, tous ces éléments de la réalité, qualités et formes de l'être, qu'il a fallu éliminer pour constituer la physique comme science, demeurent-ils (ou demeureront-ils toujours) inactifs [2]) ? »

Enfin la contingence peut se prendre dans une troisième acception, savoir, dans le sens d'une dépendance de la loi à l'égard de certaines conditions qui, elles, ne sont pas toujours et nécessairement réalisées.

La loi de l'hydrogène et du chlore est de se combiner entre eux et de donner naissance à un corps naturellement gazeux, appelé acide chlorhydrique. Mais cette combinaison suppose comme conditions, le contact des masses réaction-

[1]) H. Poincaré, *La valeur de la science*, p. 252. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Cfr. Boutroux, *De l'idée de loi naturelle dans la science et la philosophie contemporaine*, pp. 58-60. Paris, Société française d'imprimerie, 1913.

nelles et l'influence d'une cause excitatrice, par exemple, la chaleur, ou l'électricité, ou même la lumière. A ces conditions, dont aucune n'est absolument nécessaire, s'ajoute le concours de la cause première qui, pour être régulièrement concédé à toute activité des causes secondes, dépend cependant de la libre volonté du Créateur et peut être suspendu par miracle [1]). De ce point de vue, toutes les lois de la nature sont contingentes.

134. **Deux grandes classes de lois naturelles.** — Bien que les physiciens modernes éliminent du concept de loi toute idée de causalité, bien que la loi, d'après les conceptions actuelles, ne soit pas autre chose qu'une relation constante, un rapport nécessaire et invariable entre des phénomènes donnés, en fait, toutes les lois sont des normes qui

[1]) D'après M. Boutroux, il y a, pour tous les êtres, un idéal, un modèle parfait dans son genre; il y a aussi chez tous les êtres une spontanéité appropriée à la poursuite de cet idéal. Ce degré de spontanéité, cette puissance de changement est proportionnée à la nature et à la valeur de cet idéal. Dès lors, dans chaque région de l'être, les essences et les lois ont deux aspects. Dans le monde physique, les propriétés sont de véritables puissances de changement d'état, de combinaison et de décomposition, tendant à réaliser les formes, non seulement les plus stables, mais encore les plus belles que puisse admettre la nature des corps. Dans le monde mécanique, la force n'est pas seulement l'expression de relations observables entre les mouvements; elle est encore une puissance effective, tendant à réaliser le beau en le traduisant dans la langue de l'étendue, de la figure, de la symétrie et du mouvement.

Les lois de la nature n'auraient donc pas, dit-il, une existence absolue: elles exprimeraient simplement une phase donnée, une étape, et comme un degré moral et esthétique des choses. Elles seraient l'image, artificiellement obtenue et fixée, d'un modèle vivant et mobile par essence. La constance apparente de ces lois aurait sa raison dans la stabilité inhérente à l'idéal lui-même. Bien que les êtres inférieurs semblent être soumis à un tissu de lois sans vie, en fait ces lois ne sont pas l'expression d'une fatalité substantielle, mais un état de la spontanéité elle-même, en sorte que même sous l'empire de ces lois l'être reste sensible à l'attrait d'une beauté, d'une bonté supérieure. Cfr. Boutroux, *La contingence des lois de la nature*, pp. 166-170. Paris, Alcan, 1895.

régissent soit les activités des corps, soit leur manière d'être, en sorte qu'elles se répartissent en lois dynamiques et en lois statiques.

C'est la loi, dit-on, du sulfate de cuivre cristallisé avec cinq molécules d'eau, d'être coloré en bleu. En somme, la relation formulée met en relief une propriété stable, permanente de ce corps, une manière d'être naturelle. D'évidence, pareille loi doit s'appeler statique.

Dans d'autres cas, au contraire, c'est le mode même d'activité que la loi désigne. On dit, par exemple : c'est la loi de l'hydrogène et de l'oxygène de se combiner entre eux sous l'influence d'une certaine chaleur et de donner de l'eau. Ici le rapport établi par la loi entre deux antécédents et un conséquent, entre deux masses réactionnelles et le terme de leur action mutuelle, ce rapport est, en réalité, une relation de cause à effet. La loi présente donc un caractère nettement dynamique.

Aussi longtemps qu'on ne considère que le sens de la loi, sa portée, son champ d'application, l'idée de causalité et par suite la distinction que nous venons d'établir entre lois dynamiques et statiques, n'ont point d'importance spéciale, et l'on comprend que les physiciens actuels ne leur accordent point de place dans leurs considérations. Il en est tout autrement, lorsqu'il s'agit du fondement de ces lois ou de la raison explicative de leurs caractères.

135. **Fondement des lois naturelles.** — Un caractère distinctif de toute loi naturelle est la constance et l'uniformité.

Lorsque, par les procédés inductifs, ou même par voie déductive actuellement suivie par la théorie énergétique, le sens et les conditions de la loi ont été nettement définis, le physicien regarde ce rapport comme nécessaire et y appuie, comme sur une donnée certaine, ses démonstrations et ses prévisions. Il sait d'avance que la relation établie se retrou-

vera toujours dans les circonstances déterminées. Quelle est la raison de cette constance ?

Examinons d'abord les lois *dynamiques*.

Il est clair que l'invariabilité du rapport entre une cause et son effet demande sa raison suffisante. Or cette raison suffisante où se trouve-t-elle ? Est-elle intrinsèque ou extrinsèque à l'agent ?

Veut-on la poser dans les circonstances ? On soumet du même coup l'activité des êtres à toutes les vicissitudes des milieux où ils sont appelés à s'exercer, et l'on ne conçoit pas que l'hydrogène et le chlore, par exemple, donnent toujours naissance en se combinant au même acide chlorhydrique, quelles que soient les circonstances qui provoquent leur réaction.

Force nous est donc de chercher, dans les propriétés mêmes de ces deux agents, la raison déterminante de l'invariabilité de leurs effets. Sans doute, les conditions sont nécessaires à la réalisation de l'effet, et sans elles le rapport en lequel se concrétise la loi, ne pourrait se vérifier ; en d'autres termes, la combinaison n'aurait pas lieu. Mais il reste vrai que les caractères de l'effet sont prédéterminés dans la cause, et que les conditions d'action sont elles-mêmes subordonnées à cette prédétermination, ou plutôt à cette adaptation de l'agent à son effet.

La constance de la loi dépend donc en premier lieu de la stabilité même de la cause, de sa détermination interne et naturelle. Et puisque les puissances d'un être ont leur racine dans l'être même, puisqu'elles n'en sont qu'une efflorescence spontanée, la détermination interne qui pèse sur les puissances a son origine première dans la constitution même de l'être.

Dans l'ordre d'efficience, la loi naturelle n'a pas d'autre fondement que la détermination intrinsèque de l'agent, en vertu de laquelle celui-ci est nécessité à produire tel effet propre.

Mais on peut encore se demander si cette détermination ne dépend pas elle-même d'une autre cause appelée cause finale.

En d'autres termes, les effets ordonnés que produisent les causes secondes, ne sont ils pas des fins pour la réalisation desquelles la cause première a déterminé les êtres à agir de telle ou telle manière? Cette question ne se pose que dans l'ordre intentionnel, car il est évident que dans l'ordre d'exécution, les êtres dépourvus de connaissance ne sauraient agir pour une fin connue et voulue ; le seul élément de finalité qui puisse se rencontrer en eux, c'est l'effet de la cause finale, la finalisation ou simplement l'adaptation réelle de l'agent à tel effet, dans telles circonstances déterminées.

A considérer isolément chacune des lois dynamiques, il serait, croyons-nous, bien difficile d'établir que ces lois sont le résultat de vraies tendances finales, qu'elles ont leur raison d'être dernière dans une détermination interne, essentielle, donnée à l'être par le Créateur en vue de telle fin à réaliser. La détermination naturelle de l'agent suffit, semble-t-il, à rendre compte de son effet particulier. « La nature des êtres, dit Gutberlet, est la loi immanente qui règle leur activité » [1]). C'est cette nature qui détermine le mode et les conditions mêmes d'activité.

Il en est autrement si l'on envisage un ensemble plus ou moins compliqué de lois diverses et le résultat commun et constant de leur réalisation.

Nous constatons en effet que, malgré l'indépendance des agents et la diversité de leurs lois, malgré l'infinie variété des circonstances, toutes les lois concourent à réaliser et à conserver le bien des espèces et des individus, et cela d'une manière harmonieuse et constante. Or, ce fait global ne trouve plus sa cause explicative adéquate dans aucune des individualités prises isolément. Comme le dit avec à-propos Spencer [2]), expliquer chaque effet particulier par sa cause immédiate, ce

[1]) GUTBERLET, *Naturphilosophie*, p. 76. Münster, Verlag der Theissing'schen Buchhandlung, 1894.

[2]) SPENCER, *Les premiers principes*, pp. 234-237. Paris, Schleicher, 1902.

n'est pas expliquer l'ordre des effets, ni le concours harmonieux des causes.

L'harmonie des lois et le concours ordonné des causes nous forcent donc à admettre que l'ordre de ce monde a été préconçu et voulu par la cause première, et que les agents cosmiques sont des instruments naturels destinés à le réaliser. Sous cet angle, l'effet devient une fin pour le Créateur, et c'est pour réaliser cette fin que l'être créé a reçu telle détermination intrinsèque, telle ou telle adaptation à tel effet spécial [1]).

La détermination des puissances et de l'être essentiel des agents, détermination qui est le véritable fondement des lois, nous apparait ainsi comme une détermination finale ou subordonnée à une cause finale, ce qui revient à dire que la constance des lois dynamiques a pour cause la finalité intrinsèque des êtres [2]).

[1]) S. THOMAS, *De Veritate*, q. XXII, a. 1. « Dupliciter autem contingit aliquid ordinari et dirigi in aliquid sicut in finem : uno modo per se ipsum, sicut homo qui seipsum dirigit ad locum quo tendit : alio modo ab altero, sicut sagitta quae a sagittante dirigitur ad locum determinatum. Per se quidem in finem dirigi non possunt nisi illa quae finem cognoscunt, sed ab alio possunt dirigi in finem determinatum quae finem non cognoscunt. Sed hoc dupliciter contingit... Aliquando autem id quod dirigitur vel inclinatur in finem, consequitur a dirigente vel movente aliquam formam per quam sibi talis inclinatio competat unde et talis inclinatio erit naturalis, quasi habens principium naturale... et per hunc modum omnia naturalia, in ea quae eis conveniunt, sunt inclinata, habentia in seipsis aliquod inclinationis principium ratione cujus eorum inclinatio naturalis est, ita ut quodammodo vadant et non solum ducantur in fines debitos... Quod autem dirigitur vel inclinatur in aliquid ab aliquo, in id inclinatur quod est intentum ab eo qui inclinat vel dirigit... Unde, cum omnia naturalia naturali quadam inclinatione sint inclinata in fines suos a primo motore qui est Deus, oportet quod illud in quod unumquodque naturaliter inclinatur, sit id quod est volitum vel intentum a Deo... ratione inditi principii dicuntur omnia appetere bonum quasi sponte tendentia in bonum,... unumquodque ex suo motu tendit in id ad quod est divinitus ordinatum. »

[2]) DE BACKER, *Institutiones metaphysicae, Cosmologia*, p. 242. Paris, Briguet, 1899.

Il existe encore une seconde catégorie de lois que nous avons appelées *statiques*. Elles ont pour caractère distinctif d'exprimer le rapport constant ou la relation nécessaire qui lie telle propriété déterminée à telle ou telle espèce d'être.

D'évidence, pareille connexion indissoluble ne s'explique que si la propriété est une résultante de la nature même de l'être.

La récurrence invariable des mêmes espèces douées des mêmes propriétés, nous montre donc, dans la finalité immanente de chaque individualité inorganique, la raison foncière de la constance et de l'uniformité des lois.

136. Objection tirée de la diversité des lois naturelles. — Parmi les nombreuses lois dynamiques ou statiques, il en est qui sont spécifiques, c'est-à-dire propres à une espèce déterminée de corps. Telle est, par exemple, la loi en vertu de laquelle l'hydrogène et l'oxygène se combinent pour former de l'eau.

Il en est d'autres plus générales qui s'appliquent à toute une classe de corps. De ce nombre sont les lois de Gay-Lussac et de Mariotte relatives à l'état gazeux. Tous les gaz y sont soumis, quelle que soit d'ailleurs leur composition ou leur nature chimique.

Il en est enfin qui s'étendent à toutes les activités naturelles ; telle est la loi ou le principe de la conservation de l'énergie.

Or, se peut-il que des lois aussi diverses aient toutes un seul et même fondement, savoir la nature des êtres ?

A première vue, la difficulté paraît sérieuse. En réalité, elle provient d'une conception trop étroite de la nature de l'être. La nature d'un corps est le fonds commun ou la source d'où découlent non seulement les propriétés spécifiques du corps, telle, par exemple, l'affinité chimique, mais aussi les propriétés communes à tout ce qui est matériel. Bien que spécifiquement distincts les uns des autres, les corps simples et les corps

composés ne sont pas moins des êtres corporels. Rien donc d'étonnant, qu'à côté de certaines lois propres aux espèces, se rencontrent d'autres lois d'une portée plus large.

137. Objection tirée des lois du hasard, appelées aussi lois des grands nombres. — D'après la théorie cinétique, les lois qui expriment les rapports entre le volume des corps gazeux d'une part, la pression et la température de l'autre, sont le résultat moyen d'une multitude innombrable de causes dont chacune agit d'une manière désordonnée. Il est donc impossible que pareil résultat, dû au hasard des rencontres, puisse être regardé comme un but assigné aux agents qui le réalisent, et que partant les lois de ce genre aient leur fondement dans la nature des êtres matériels [1]).

Notons d'abord que les physiciens eux-mêmes distinguent *les lois naturelles,* des lois appelées *statistiques,* et n'accordent pas la même certitude aux unes et aux autres.

« On voit, écrit Borel, quelle est la différence qui sépare la loi statistique des lois naturelles : la loi statistique ne permet pas de prévoir un phénomène déterminé, mais énonce seulement un résultat global relatif à un assez grand nombre de phénomènes analogues : de plus, sa certitude ne paraît pas être de même nature et n'entraîne pas l'assentiment de tous » [2]).

Nous sommes certains que si on abandonne à elle-même une pierre placée à une certaine hauteur, cette pierre tombera sur le sol.

Nous sommes aussi certains que sur 10.000 naissances, les deux sexes seront représentés par des nombres à peu près égaux.

Dans le premier cas, la certitude porte sur un phénomène isolé, individuel, tout aussi bien que sur des milliers de phé-

[1]) Delbet, *La science et la réalité,* pp. 268 et suiv. Paris, Flammarion, 1914.
[2]) Borel, *Le hasard,* p. 8. Paris, Alcan, 1914.

nomènes semblables, et nous ne concevons même pas la possibilité d'une exception à la règle générale.

Dans le second cas, nous n'avons aucune certitude au sujet des faits particuliers ; il nous est impossible de prédire la sexualité dans telle ou telle naissance déterminée. La prévision n'atteint une très haute probabilité que si elle embrasse un grand nombre de cas. En fait, bien que le cas soit rare, on a parfois constaté, pendant une période relativement courte, des écarts assez considérables.

La découverte des *lois statistiques* ne modifie donc en rien les caractères que nous avons attribués aux *lois naturelles*. Actuellement encore, la nécessité de placer leur fondement immédiat dans la nature même des choses s'impose avec non moins d'évidence:

Quant aux lois statistiques, on aurait tort de croire qu'elles sont le résultat du pur hasard.

Les phénomènes interprétés par la théorie cinétique, par exemple, le rapport entre le volume d'un gaz et sa température, sont des phénomènes très complexes auxquels concourt un nombre presque incalculable de causes. Or, que pareils phénomènes soient réglés par des lois, c'est là un fait inexplicable si les causes individuelles ne sont pas elles-mêmes déterminées dans leurs activités, au moins dans une certaine mesure. Sans doute la rencontre de ces multiples agents, la vitesse et la direction de leurs mouvements n'ont plus leur raison explicative complète dans aucun de ces agents pris isolément. Mais il y a cependant dans chacun d'eux une cause naturelle partielle du résultat global. Chacun d'eux en effet possède des énergies naturelles, un mode de réaction déterminé sous l'influence de telle cause, etc., en sorte que, dans les circonstances où la loi se vérifie, l'effet d'ensemble se présente avec les caractères d'un effet relativement nécessaire et prédéterminé dans ses causes.

D'ailleurs, plusieurs physiciens actuels n'admettent plus que les phénomènes moléculaires soient simplement régis par les

lois de la théorie des probabilités. D'après eux, le déterminisme se vérifie pour ces phénomènes comme pour les autres, et l'étude approfondie de certains faits à notre échelle permet d'établir leurs lois avec certitude [1]).

On le voit, le fondement de la loi statistique est donc ici encore, non pas la nature individuelle considérée comme cause isolée et complète, mais un nombre plus ou moins grand de natures dont les actions doivent se combiner avec les variations du milieu [2]).

« Toute loi statistique, dit avec raison M. Borel, est seulement une loi approchée ; mais lorsque les individus sont aussi nombreux que les molécules d'un gaz, l'erreur possible est beaucoup trop faible pour qu'aucun moyen humain d'investigation puisse la déceler ; tout se passe donc comme si la loi approchée était rigoureusement exacte » [3]).

D'autre part, et pour les motifs donnés plus haut, nous ne saurions souscrire à l'opinion de ce même auteur sur l'identification complète des lois scientifiques et des lois du hasard. « En bien des cas, dit il, sinon dans tous les cas, les lois scientifiques sont la résultante simple d'un nombre extrêmement grand de phénomènes complexes, impossibles à étudier en détail ». « Il n'y a pas incompatibilité entre le rôle de ce que nous appelons le hasard et l'établissement des lois scientifiques » [4]).

[1]) Rosny, *La contingence et la détermination (Revue du Mois*, 10 janvier 1914), p. 4. — Langevin. *Conférence à la Société française de physique*, novembre 1913.

[2]) « Ordo inditus rebus a Deo, dit saint Thomas, secundum id est, quod in rebus *frequenter* accidere solet, non autem ubique vel secundum id, quod est *semper*. Multae enim naturalium causarum effectus suos producunt eodem modo ut frequenter, non autem ut semper, nam quandoque, licet ut in paucioribus, aliter accidit vel propter defectum virtutis agentis vel propter materiae indispositionem vel propter aliquod fortius agens, sicut quum natura in homine generat digitum sextum. » S. Thomas, *Summ. cont. gentes*, l. 3, c. 99.

[3]) Borel, *Le hasard*, p. 160. Paris, Alcan, 1914.

[4]) Id., *ibid.*, p. 293.

Pour nous, il n'y a pas incompatibilité absolue entre ces deux sortes de lois, mais il existe entre elles des différences profondes quant à leur certitude et quant à leur fondement immédiat.

Les principes scientifiques

138. Formules et valeur des principes. — La loi et le principe ne se différencient que par leur degré de généralité. Parmi les lois les plus générales qui furent élevées au rang de principes, on cite d'ordinaire :

Le principe de la conservation de l'énergie : Dans un système clos, c'est-à-dire non soumis aux influences du dehors, la somme des énergies reste invariable quelles que soient les transformations auxquelles ces énergies sont soumises.

Le principe de Carnot : Un phénomène ne peut avoir lieu que là où il existe une différence non compensée d'intensité ou de tension de l'énergie ; le phénomène qui se produit, dans ce cas, a une valeur proportionnelle à la différence d'intensité des énergies présentes [1]).

Plusieurs physiciens l'appellent aujourd'hui : « *Le principe de la dégradation de l'énergie* ». En fait, il met en relief l'universelle tendance de la nature au nivellement des énergies, et par suite, à leur dégradation ou à la diminution de leur degré d'utilité [2]).

Le principe d'Hamilton ou principe de la moindre action : Dans les changements qu'elle réalise, la nature tend à suivre

[1]) Ostwald, *L'évolution d'une science*, p. 340. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Brunhes, *La dégradation de l'énergie*, p. 236. Paris, Flammarion, 1908. — Poincaré, *La physique moderne, son évolution*, p. 82. Paris, Flammarion, 1909. On peut aussi énoncer ce principe comme le fait Perrin : « Un système isolé ne passe jamais deux fois par le même état ». Perrin, *Traité de chimie physique*, p. 145. Paris, Gauthier-Villars, 1903.

la voie qui lui demande le moindre effort et lui occasionne la moindre dépense d'énergie [1]).

Ces trois principes, qui constituent la base de la théorie énergétique, jouissent d'un grand crédit chez les physiciens modernes. Ils semblent d'ailleurs, en tous points, conformes à l'expérience [2]).

Le principe ou la loi de continuité. « Natura non facit saltus » disaient les anciens. La nature ne fait pas de saut brusque.

Cette loi s'applique non seulement aux activités des êtres, mais en premier lieu à leur perfection essentielle, conformément à l'adage : « operatio sequitur esse », l'action se mesure à la perfection de l'être. L'hypothèse des formes transitoires, admise par bon nombre de scolastiques pour ménager une douce transition entre des états naturels trop distants l'un de l'autre, semble leur avoir été suggérée par la constatation de cette loi générale. « Natura, disait Albert le Grand, non transit ab extremo in extremum nisi per medium » [3]).

D'ailleurs, l'anatomie comparée dans le règne animal, la morphologie dans le règne végétal confirment le vieil adage. Partout se révèle l'unité de plan de la création et l'ascension continue de la nature, des degrés inférieurs de l'être aux formes les plus élevées et les plus riches de la vie animale, par une série d'étapes très rapprochées les unes des autres.

Cette continuité frappante est même l'un des faits dont se réclament volontiers l'évolutionnisme matérialiste et plusieurs systèmes monistes, tant il est vrai que les vérités les plus

[1]) Pour les applications de ce principe, voir Le Bon, *L'évolution des forces,* p. 46. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) Cependant, plusieurs regardent le principe de Carnot comme une loi de probabilité applicable à des systèmes suffisamment complexes, et d'ailleurs pendant un temps qui n'est pas trop long. « Il y aura donc des cas où il faudra l'appliquer avec prudence, et il est clair que dans ces conditions, il faut se garder de généralisations hasardeuses. » Picard, *La science moderne et son état actuel,* p. 132. Paris, Flammarion.—Cfr. D. Nys, *Cosmologie,* tome I, pp. 277-282.

[3]) Albertus Magnus, *De anima,* II. Tractatus I, 1.

lumineuses restent toujours susceptibles d'une fausse interprétation.

Sans doute, il peut y avoir des cas où cette loi paraît être en défaut, mais quelle est donc la loi naturelle qui ne comporte aucune exception ? Et puis, même dans ces cas, qui nous dit qu'une connaissance plus complète des causes ne nous permettrait pas de soumettre l'apparente exception à la règle ?

D'aucuns diront peut être : la théorie thomiste établit une différence d'ordre entre les trois règnes de la nature. Comment pareille théorie peut-elle se concilier avec la loi de continuité ?

D'abord, il est clair qu'une loi expérimentale ne doit s'appliquer que dans les limites tracées par l'expérience. Or, l'expérience nous prouve que la loi de continuité se vérifie rigoureusement à l'intérieur de chaque règne, malgré l'étonnante variété des espèces qui le composent. Ce champ d'application de la loi est déjà immense.

Il y a plus. Bien qu'une différence d'ordre sépare le minéral de la plante et de l'animal, la nature comble, autant qu'elle le peut, l'intervalle qu'elle doit maintenir entre ces trois grandes classes de perfections. Là encore elle échelonne les degrés d'être en vue d'un rapprochement progressif des règnes.

Les corps chimiques ne sont admis en effet à faire partie intégrante de la plante, qu'après avoir été transformés en composés très complexes analogues à ceux qui constituent les tissus du végétal, et à l'heure présente il est encore des êtres dont on ne peut dire avec certitude s'ils appartiennent au monde des végétaux ou à celui des animaux.

La loi de simplicité. On a donné de cette loi différentes formules.

D'après les uns : « pour arriver à ses fins, la nature emploie les moyens les plus simples ». D'après d'autres : « entre deux hypothèses possibles (explicatives d'un phénomène), il faut

toujours s'arrêter à la plus simple » [1]). « Inter plures leges experientiam verificantes, ea debet admitti quae objective simplicior est » [2]).

Il est difficile, à l'heure présente, de déterminer la valeur exacte de cette loi. Après l'avoir longtemps considérée comme un guide précieux dans les recherches scientifiques, les savants semblent ne plus y attacher qu'une importance très relative.

De nombreux phénomènes, en apparence très simples, témoignent au contraire d'une étonnante complexité. Plusieurs formules de lois, généralement acceptées comme l'expression exacte des faits, ont dû être remaniées à cause de leur trop grande simplicité.

Cependant, faut-il s'inscrire en faux et sans réserve contre cette loi ?

« Aujourd'hui, dit Delbet, on considère cette loi comme un peu puérile, on insiste volontiers sur la complexité des phénomènes. Il faut s'entendre : il y a peut-être là une confusion. Les phénomènes d'ensemble sont d'une extraordinaire complication ; leur complication vient de la multitude des conditions qui entrent en jeu. Elles paraissaient plus simples alors que la science était moins précise. A mesure qu'on s'élève à une précision plus grande, on s'aperçoit qu'il faut apporter des corrections à beaucoup de formules, et on est tenté de croire que la simplicité était purement apparente et due à la grossièreté des premières approximations. Il n'est pas sûr que cette idée soit juste.

» On sait que la loi de Mariotte est vraie seulement pour les gaz parfaits, et qu'il faut lui apporter des corrections. Mais on comprend en même temps, ce qu'il faut entendre par gaz parfait, et on entrevoit, qu'en tenant compte de l'éloignement du point critique, on pourra trouver une formule très

[1]) Delbet, *La science et la réalité*, p. 306. Paris, Flammarion, 1913.

[2]) de la Vaissière, *Philosophia naturalis*, vol. I, p. 113. Paris, Beauchesne, 1912.

générale qui remplacera la loi de Mariotte et ne nécessitera pas de corrections. La beauté, la commodité, la simplicité ont peut-être un sens plus profond » [1]).

M. Bouty ne se prononce, lui aussi, qu'avec une grande réserve.

« Une opinion fort ancienne, d'origine certainement métaphysique, dit-il, veut que les lois de la nature soient toujours simples. Cette opinion, si elle est juste, légitime la confiance des chercheurs de lois nouvelles, fort exposés, si elle est fausse, à ne jamais se débrouiller. Elle ne sera pas sans inconvénient si elle nous pousse, comme on n'en a que trop d'exemples historiques, à nous tenir pour satisfaits, dès que quelques vérifications grossières auront paru confirmer une loi prévue... Une même loi naturelle peut revêtir des formes de complication très diverse, suivant que le choix des variables est plus ou moins heureux » [2]).

D'autres auteurs regardent même ce principe comme inconciliable avec les procédés de la nature.

Pour H. Poincaré, « la nature a donné trop de démentis à ceux qui proclamaient qu'elle aime la simplicité » [3]).

Suivant M. Duhem, « la simplicité si ardemment souhaitée est une insaisissable chimère » [4]).

« Quant à la simplicité, écrit M. Meyerson, il faut distinguer. La science, assurément, tend à simplifier les connaissances requises, c'est-à-dire, à les résumer en formulant des lois et des théories de plus en plus générales ; c'est là une conséquence du principe de l'économie de l'effort qui est la source de la science empirique. Mais il n'est pas vrai de dire, qu'à mesure que la science avance, notre conception d'un phénomène réel gagne en simplicité ; car si la science découvre souvent le simple sous le complexe, d'autres fois, c'est au

[1]) Delbet, *La science et la réalité*, p. 306. Paris, Flammarion, 1913.

[2]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 90. Paris, Flammarion, 1908.

[3]) H. Poincaré, *Thermodynamique*, p. VII. Paris, Hermann, 1912.

[4]) Duhem, *L'évolution de la mécanique*, p. 343. Paris, Joannin, 1903.

contraire le complexe qu'elle découvre sous les apparences de la simplicité [1]).

Le principe de relativité. Ce principe découvert par Einstein peut être formulé comme suit : « Dans un système matériel animé d'un mouvement de translation uniforme, les mouvements relatifs sont exactement les mêmes que dans le même système en repos. Un observateur faisant partie du système, qui suit les processus s'effectuant à l'intérieur de ce système, ne peut donc pas établir l'existence de ce mouvement de translation » [2]).

En d'autres termes, nous ne pouvons connaître que des mouvements relatifs, c'est-à-dire des vitesses de certains corps matériels par rapport à d'autres corps matériels. « Il est impossible, dit H. Poincaré, d'échapper à cette impression que le principe de relativité est une loi générale de la Nature, qu'on ne pourra jamais, par aucun moyen imaginable, mettre en évidence que des vitesses relatives, et j'entends par là non seulement les vitesses des corps par rapport à l'éther, mais les vitesses des corps les uns par rapport aux autres » [3]).

En fait, il a été impossible jusqu'ici de prouver l'existence d'un seul mouvement absolu [4]).

Du point de vue cosmologique, ce principe ne présente guère d'intérêt. Il est avant tout un principe de méthode, c'est-à-dire un principe dont s'inspirent les savants dans la détermination des activités corporelles conçues sous forme de mouvements.

Que ce mode de détermination rende de réels services aux

[1]) MEYERSON, *Identité et réalité*, pp. 464-465. Paris, Alcan, 1912.

[2]) ABRAHAM, *La nouvelle mécanique (Scientia*, janvier 1914), p. 15.

[3]) H. POINCARÉ, *Science et méthode*, p. 240. Paris, Flammarion, 1899. — LORENTZ, *Considérations élémentaires sur le principe de relativité (Revue générale des Sciences*, 15 mars 1914), pp. 176-186. — *La gravitation (Scientia*, t. VII, 1914), p. 37. — ENRIQUES, *Les concepts fondamentaux de la science*, p. 253. Paris, Flammarion, 1913.

[4]) H. POINCARÉ, *La valeur de la science*, pp. 185 et 204. Paris, Flammarion, 1908.

sciences physiques, nul ne le niera. Qu'en réalité, les activités des corps ne soient que du mouvement et ne soient exprimables que d'une manière relative, c'est là une assertion qui ne peut s'accorder, nous l'avons dit plus haut, ni avec la totalité de l'expérience scientifique, ni avec les principes de la métaphysique [1]). « Aussi, toute théorie de la relativité, dit Abraham, échoue sur l'écueil de la pesanteur... Les idées relativistes ne sont évidemment pas assez larges pour servir de cadre à une image complète du monde » [2]).

Ajoutons cependant que dans un article récent, Einstein lui-même a essayé de défendre le principe dont il est l'auteur, contre les critiques émises par ses divers contradicteurs [3]).

[1]) Voir d'excellentes critiques de ce principe par VIAL, *Le problème de l'espace (Revue des sciences philosophiques et théologiques*, janvier 1914), pp. 137 et suiv. — HÖNIGSWALD, *Zum streit über die Grundlagen der Mathematik*. Heidelberg, Winter, 1912.

[2]) ABRAHAM, *La nouvelle mécanique (Scientia*, janvier 1914), pp. 10-29. — Cfr. aussi PALÁGYI, *Die Relativitätstheorie in der modernen Physik*, pp. 7-77. Berlin, Reimer, 1914.

[3]) EINSTEIN, *Sur le problème de la relativité (Scientia*, avril 1914), pp. 140-150.

Le principe, comme la loi naturelle dont il ne diffère que par un degré de généralité, peut être démontré expérimentalement, en ce sens qu'il peut être la conclusion d'une véritable induction scientifique. Sans doute sa validité ne sera jamais absolue, car il n'est guère de loi qui ne comporte certaines exceptions, et une découverte suffit parfois pour en restreindre l'extension. Mais si le principe lui-même doit être alors revisé, il reste néanmoins rigoureusement vrai dans le domaine où l'expérience l'a suffisamment justifié.

C'est pourquoi l'opinion de M. Bouasse sur la validité des principes nous paraît exagérée.

« Démontrer *théoriquement*, dit M. Bouasse, un postulat (ou un principe), c'est déduire ce postulat d'une proposition plus évidente ; qui ne voit la contradiction dans les termes ? Quant à démontrer *expérimentalement* un principe, c'est une entreprise dont l'absurdité saute aux yeux. On peut démontrer que certains faits, tous les faits connus si l'on veut, rentrent dans le principe générateur de cette forme. On ne peut évidemment pas démontrer que les faits qu'on ignore, y rentreront aussi. Le procès est toujours pendant ; la valeur d'un principe est toujours incertaine. » Cfr. BOUASSE, *Physique générale (De la méthode dans les sciences*, p. 142. Paris, Alcan, 1910).

Ce jugement appelle, nous semble-t-il, les correctifs indiqués plus haut.

ARTICLE V

La production des substances corporelles

139. Les deux phases d'une transformation substantielle. — Jusqu'ici, nous avons considéré la substance corporelle à un point de vue statique. Quels sont les éléments constitutifs du corps, quelle est la nature des propriétés qui en sont le rayonnement visible, notamment de la quantité et des puissances actives et passives ?

Désormais, nous essayerons de saisir la même substance dans les phases diverses de sa métamorphose.

Les êtres matériels sont soumis à des changements incessants, qui modifient leur physionomie et parfois même leur constitution intime.

Parmi ces altérations, il en est qui n'effleurent pour ainsi dire que la surface de l'être. Tels sont les changements de lieu, d'état physique, de température.

D'autres, au contraire, pénètrent jusqu'à la substance même et la transforment en une substance nouvelle. On les appelle des *transformations substantielles*.

Cette espèce de métamorphose se produit chaque fois que le corps est dépouillé de sa forme essentielle ou principe spécifique et reçoit en échange une forme nouvelle. L'être, il est vrai, ne disparaît pas totalement, mais comme il tient son espèce de son principe déterminant, il perd, à la disparition de ce principe, sa nature distinctive, de même qu'en acquérant un principe nouveau, il devient une autre nature, une autre substance.

D'autre part, l'élément indéterminé qui persiste dans cette succession ne peut exister un instant sans être intimement uni à l'une ou l'autre forme essentielle. Ce fait entraîne la

conclusion que la substitution des formes se réalise d'une manière instantanée, et que, de toute nécessité, la cessation d'une forme coïncide avec la naissance de celle qui va la remplacer.

La transformation substantielle est donc un fait complexe, à deux phases distinctes mais inséparables dans la réalité.

Il suit de là que la génération d'une substance se produit au préjudice d'une autre qui disparaît comme telle, et que la destruction naturelle d'une substance décide l'apparition d'une autre. C'est la pensée qu'exprimait l'École dans cette formule classique : « *corruptio unius est generatio alterius et generatio unius est corruptio alterius.* »

Afin de faciliter l'intelligence de ce changement, étudions séparément ses deux aspects, et en premier lieu, la production de la substance ou la réalisation d'un principe spécifique nouveau.

1re Question : Comment le corps est-il préparé a la réception d'une forme nouvelle ?

140. Altération progressive des propriétés. — Les transformations substantielles qui s'opèrent dans le monde inorganique appartiennent exclusivement au domaine de la chimie. On ne les rencontre que dans les faits de combinaison et de décomposition qui résument à eux seuls cette vaste science.

Pour qui veut saisir sur le vif le processus des altérations accidentelles, préalables à la genèse des formes essentielles, il est donc indispensable de faire appel à la réaction chimique.

Soit la combinaison du chlore et de l'antimoine.

Dès que ces deux corps se trouvent dans une même sphère d'action, ils mettent en jeu leurs puissances mécaniques ; et comme tous deux sont doués d'une affinité mutuelle intense,

les attractions dominent les répulsions et ces corps arrivent en contact.

Aussi, cette condition réalisée, les forces physiques à leur tour entrent en scène. La chaleur, l'électricité agissent non sur le corps dont elles émanent, car l'action serait immanente, mais sur le corps antagoniste qui, par hypothèse, est d'une autre nature : l'affinité, nous l'avons dit, existe avant tout entre corps hétérogènes.

Dans cet échange d'activité, chacune des substances réagissantes tend à communiquer à sa rivale ses caractères distinctifs, et à la rendre ainsi semblable à elle-même : « Omne agens agit sibi simile ». L'action est l'épanouissement de l'être.

Mais le caractère d'un effet ne dépend pas seulement de la nature de la cause efficiente ; il relève aussi en partie du sujet où il est reçu. « Quidquid recipitur ad modum recipientis recipitur. » Le sujet récepteur est comparable à un moule qui imprime sa forme à ce qu'il reçoit.

Toutes les activités corporelles relèvent de la sorte d'un double facteur, et concourent à produire un nivellement progressif des propriétés, un état qualitatif général qui se rapproche de plus en plus d'une commune mesure, et s'écarte, dans la même proportion, des traits distinctifs des corps en présence.

Cependant, les substances elles-mêmes ne restent pas toujours indifférentes aux modifications accidentelles dont elles sont le théâtre.

Encore que les qualités d'un être soient susceptibles d'accroissement et de diminution dans des limites assez étendues sans que cet être se trouve réduit à l'impossibilité d'atteindre ses fins naturelles, il doit y avoir un terme où ces altérations deviennent incompatibles avec le même état substantiel, avec la destinée foncière. Toute substance corporelle possède, en effet, une nature spécifique et réclame, de ce chef, un ensemble de propriétés distinctives, conformes aux exigences de son espèce.

A les altérer outre mesure, on brise cette harmonie fondamentale qui doit régner entre l'être essentiel et ses moyens connaturels d'action, on supprime en lui les conditions nécessaires d'existence.

Au cours de ce nivellement croissant de toutes les qualités, il arrive donc fatalement un moment où la résultante commune cesse d'être compatible avec les deux natures réagissantes et nécessite leur passage à un état substantiel nouveau.

C'est à ce moment même que dans les deux corps intimement unis et semblablement prédisposés à une information commune, les deux formes essentielles disparaissent et se trouvent remplacées par une forme nouvelle appropriée.

141. **Caractères de ce travail préparatoire.** — 1° Envisagée dans ses préparatifs, c'est-à-dire au point de vue des altérations accidentelles qui la nécessitent, la génération substantielle est un acte essentiellement *successif* dont la durée varie avec l'affinité des corps, ou plutôt avec leur pouvoir de réaction.

Pour certains corps chimiques doués d'une très grande sympathie mutuelle, tels le chlore et l'antimoine, ce travail préparatoire ne prend que quelques instants. Pour d'autres, il est parfois nécessaire de recourir à l'intervention de forces étrangères, de causes excitatrices.

2° En second lieu, cette adaptation de la matière à la forme nouvelle répond au vœu de la nature ; elle est, par conséquent, naturellement *nécessaire*.

Une forme, disent les scolastiques, ne peut naître que dans un sujet prédisposé [1]). La matière première, d'elle-même indif-

[1]) S. Thomas, *De pluralitate formarum*. « Forma autem non est in materia nisi sit disposita et propria. » — Cfr. *De anima*, q. 1, a. 12. « Quia enim agens naturale in generatione agit transmutando materiam ad formam, quod quidem fit secundum quod materia primo disponitur ad formam et tandem consequitur formam, secundum quod generatio est terminus alterationis... »

férente à l'égard de toute forme essentielle, acquiert cette appropriation requise sous l'empire des altérations profondes du corps où elle se trouve.

En ceci rien d'étonnant. La nature ne procède point par sauts brusques, « natura non facit saltus ». Un être disparait lorsque les conditions normales d'existence lui font défaut ; la rapidité de la mort dépend de l'importance et de la profondeur des changements accidentels qui paralysent l'activité vitale. Ainsi en est-il de la naissance. Avant que la plante engendre une graine qui puisse perpétuer l'espèce, que d'étapes la matière organique ne doit-elle pas parcourir ! Que de changements déjà marquent la transition de l'état de fleur à celui de vie embryonnaire indépendante !

Malgré des différences assez profondes de durée et de mode, la génération des êtres inorganiques est soumise à la même loi d'adaptation de la matière à sa forme nouvelle.

3° Enfin la dégradation progressive des propriétés saillantes et la formation d'une résultante commune ont comme caractère distinctif de nécessiter, dans la même mesure, l'apparition d'une forme et la cessation des formes antérieures.

On ne conçoit pas en effet que le nouvel état qualitatif d'un être réclame un nouveau principe spécifique d'information, s'il répond encore aux exigences du sujet qui le supporte. Les deux phénomènes, la génération et la destruction, dépendent ainsi d'une même cause et doivent être dès lors simultanés. De là ce fait, que jamais la matière première ne se trouve dépouillée de toute forme essentielle.

— Cfr. *Comment. in Lib. XII Metaphys.* « Quamvis generatio fiat ex non ente, quod est in potentia, non tamen fit quodlibet ex quocumque ; sed diversa fiunt ex diversis materiis. Unumquodque enim generabilium habet materiam determinatam ex qua fit, quia formam oportet esse proportionatam materiae. Licet enim materia prima sit in potentia ad omnes formas, tamen quodam ordine suscipit eas... Unde non potest ex qualibet immediate fieri quodlibet. » — Cfr. *De veritate,* q. 28, a. 8, ad 3.

2me Question : En quoi consiste l'acte de la génération ?

La génération est le passage de la matière première, de l'état de privation d'une forme substantielle, à l'acquisition de cette même forme [1]).

142. 1° La privation. — Pour se représenter la matière dans cet état de privation, il ne suffit pas d'en éliminer par la pensée tous les principes spécifiques dont elle est susceptible, de la concevoir comme un sujet potentiel, dépouillé de toute détermination.

La privation est l'absence d'une forme déterminée que la matière première est apte à recevoir.

En réalité, elle ne se confond ni avec la matière, ni avec les prédispositions qui nécessitent un nouvel acte d'information. Elle n'est pas davantage le premier stade de la réalisation de la forme. Son caractère propre est, au contraire, purement négatif. C'est simplement l'absence d'une forme exigée [2]).

Elle suppose néanmoins une manière d'être spéciale du sujet matériel, et à ce titre, les scolastiques lui attribuaient même le rôle de principe accidentel de la génération. Non sans doute qu'elle exerce la moindre influence sur le devenir de la forme, mais uniquement parce qu'elle est le *terminus a quo* ou le point de départ obligé de l'actuation substantielle. « Et propter hoc, dit saint Thomas, ponitur privatio inter principia, et non inter causas, quia privatio est id a quo fit

1) Aristote la définit : « quod generatio substantialis est mutatio a substantia in potentia ad substantiam in actu. » Cfr. Lib. I, *De generatione*, c. 5.

2) S. Thomas, *Physic.*, Lib. I, c. 7, lect. 13 (édition romaine). « Patet ergo secundum intentionem Aristotelis quod privatio, quae ponitur principium naturae per accidens, non est aliqua aptitudo ad formam, vel inchoatio formae, vel aliquod principium imperfectum activum, ut quidam dicunt, sed ipsa carentia formae vel contrarium formae, quod subjecto accidit. »

generatio » [1]. Aussi cette indigence de la matière disparaît-elle fatalement à la naissance de la forme nouvelle.

Au lieu de s'arrêter à l'être formel de la privation, veut-on rechercher la raison pour laquelle le sujet potentiel est dit « privé » de sa détermination naturelle, alors, c'est à l'adaptation même de ce sujet qu'il faut recourir, c'est-à-dire, à cet ensemble d'altérations qui ont prédisposé la matière première à la réception de telle forme déterminée.

143. 2° **L'actuation de la matière par son principe déterminant.** — Les formes corporelles, les seules dont il s'agit ici, dépendent essentiellement de leur substrat matériel.

Il y aurait donc erreur à s'imaginer que pour la formation d'un nouvel être, l'activité génératrice fait surgir du néant une forme essentielle et l'unit ensuite à la matière prédisposée. Indépendante de tout support dans son devenir, la forme le serait aussi dans son être, car le devenir et l'être se correspondent. Elle aurait une existence propre et constituerait à elle seule une substance complète.

D'évidence, les choses se passent autrement. La causalité mise en œuvre au moment de la génération est double : l'une, la causalité efficiente, appartient à l'agent extrinsèque ; l'autre, la causalité matérielle, relève de la matière. La première est la plus importante, la seconde n'en est pas moins indispensable à la production de l'effet. Le substrat potentiel prête un concours passif et réel à l'activité génératrice, en soutenant la forme nouvelle à l'instant même de sa naissance, de sorte

[1]) Opusc. *De principiis naturae.* Dans le même opuscule il dit encore : « Sciendum, quod cum generatio sit ex non esse, non dicimus quod negatio sit principium, sed privatio ; quia negatio non determinat subjectum... Universaliter omne id, a quo incipit motus, dicitur principium... Sed causa solum dicitur de illo principio, ex quo consequitur esse posterioris : unde dicitur quod causa est id, ex cujus esse consequitur aliud. Et ideo illud principium a quo incipit motus, non potest dici per se causa, etsi dicatur principium. »

que, dès son origine, la forme emprunte à la matière l'appui essentiel dont elle a besoin pour exister.

Cette espèce d'influence qu'exerce la matière première sur le devenir des formes corporelles, ou plutôt la réalisation dans un sujet approprié, de formes qui en sont intrinsèquement dépendantes, s'appelait autrefois « l'éduction des formes », *eductio formarum e potentia materiae*. Elle est la mise en acte de ce qui était en puissance dans la matière [1]).

En employant cette formule, l'École avait principalement en vue de mettre en relief la dépendance intrinsèque de toutes les formes inférieures vis-à-vis de l'élément matériel, et d'indiquer la différence profonde qui les sépare des formes subsistantes.

Aussi cet aphorisme est sans application à l'âme humaine. Quoique destinée à informer la matière, l'âme spirituelle est créée directement par Dieu sans le concours d'aucun sujet préexistant ; elle ne relève que de sa cause efficiente et c'est pourquoi, malgré son état naturel d'union avec le corps qu'elle anime, elle reste capable d'une vie propre et isolée. Chez les autres êtres, au contraire, la forme essentielle est le résultat positif de la transformation d'un être antérieur.

Conformément à cette doctrine, les scolastiques distinguaient trois sortes de formes : 1° Les unes naissent *dans* la matière sans en dépendre intrinsèquement ; telles sont les âmes humaines. 2° D'autres naissent *de* la matière, c'est-à dire, dépendamment de son concours passif ; c'est le cas pour toutes les formes corporelles réalisées par les causes secondes.

[1]) S. Thomas, *Summ. Theol.*, P. I, q. 90, a. 2, ad 2um. « Actum extrahi de potentia materiae, nihil aliud est quam aliquid fieri actu, quod erat in potentia. » — Cfr. *Sum. cont. Gent.*, Lib. II, c. 86. « Sed omnis forma quae incipit esse per transmutationem materiae habet esse a materia dependens ; transmutatio enim materiae reducit eam de potentia in actum, et sic determinatur ad esse actu materiae quod est per unionem formae ; unde, si per hoc etiam incipiat esse formae, simpliciter esse formae non erit nisi in hoc quod est uniri materiae, et sic erit secundum esse a materia dependens ».

3° D'autres enfin, naissent *avec* la matière ; telles furent les formes des corps créés par Dieu au commencement du monde.

144. 3° Le terme de la génération. — Le terme formel de la génération est un nouveau principe déterminant introduit dans la matière ; par lui se spécifie l'activité génératrice.

Le terme intégral est un composé doué d'une subsistance propre. Lorsque l'agent extrinsèque imprègne la matière d'une détermination substantielle, il communique en même temps à l'essence nouvelle son acte d'existence, et en fait ainsi un être complet.

La subsistance, il est vrai, n'entre point dans la constitution même du corps ; elle en est cependant un complément obligé, et à ce titre, elle est toujours l'aboutissement ultime de l'acte générateur [1]).

3me Question : Quelle est la cause efficiente de la génération ?

Bien que la matière première soutienne la forme naissante et mérite d'en être appelée la cause matérielle, elle ne suffit point à rendre compte de son origine.

La génération ne consiste pas dans l'épanouissement spontané d'une forme contenue en germe dans le substrat matériel. Elle introduit au contraire dans le monde des existences une réalité nouvelle, essentiellement supérieure au sujet récepteur, produite par conséquent par la causalité efficiente d'un agent extrinsèque.

De toute nécessité se pose donc la question de savoir d'où viennent les formes corporelles, quel en est l'agent producteur.

[1]) S. Thomas, *Summ. Theol.*, P. I, q. 45, a. 4. « Fieri autem ordinatur ad esse rei. Unde illis proprie convenit fieri et creari quibus convenit esse : quod quidem convenit proprie subsistentibus ». Cfr. P. I, q. 66, a. 1.

145. Opinion de saint Thomas et de la plupart des scolastiques. Preuve de cette opinion. — Lorsqu'on jette un regard attentif sur les phénomènes chimiques qui se déroulent dans le monde inorganique, on aperçoit bien vite qu'il existe une étroite parenté entre le composé et les corps simples qui ont concouru à sa formation.

Dans le mixte, enseignent les scolastiques avec beaucoup d'à-propos, les éléments persistent à l'état virtuel, puisqu'il est possible de les faire renaître par des réactions appropriées.

C'est un fait indéniable, que dans tout le domaine de la chimie, les caractères des composés reflètent les propriétés des composants avec, toutefois, un certain degré d'atténuation, proportionnel à l'intensité de la combinaison.

Si du monde inorganique nous passons au règne végétal et animal, nous constatons entre les êtres nouveaux et ceux dont ils dérivent une similitude encore plus complète.

Là, en effet, la génération transmet intégralement les caractères de l'espèce et parfois même les traits de l'individu.

Témoins quotidiens de ces faits, saint Thomas et son École n'avaient pas hésité à attribuer aux causes secondes, c'est-à-dire aux forces naturelles des êtres, la production des formes essentielles qui donnent l'unité spécifique au composé chimique, la vie à la graine ou à l'embryon [1]).

Ils avaient même prévu certaine objection que des critiques modernes, trop peu familiers avec la doctrine thomiste, se sont plu à renouveler :

Les déterminations substantielles, dit-on, ne préexistent point formellement dans la matière. Par le fait de l'activité

[1]) S. Thomas, *De potentia*, q. 3, a. 8. « Cum unumquodque natum sit simile sibi agere. non requireretur similitudo secundum formam substantialem in agente naturali, nisi forma substantialis geniti esset per actionem agentis. Ex quo etiam id quod in genito acquirendum est,. actu in generante naturali invenitur, et unumquodque agit secundum quod actu est, inconveniens videtur, hoc generante praetermisso, aliud exterius exquirere. »

génératrice, elles passent, selon toute leur réalité, du monde des possibles au monde réel. Ne faut-il pas, de ce chef, rattacher leur origine à une action créatrice et refuser aux créatures le pouvoir de les produire?

Non, répond le thomisme. D'abord, c'est une erreur de confondre deux actes essentiellement distincts : la création et la génération.

L'acte créateur a toujours pour terme un être subsistant, tiré totalement du néant sous l'influence exclusive de la cause efficiente, et partant sans le concours d'aucun sujet présupposé.

L'acte générateur, au contraire, présuppose un sujet matériel qu'il transforme et élève à un état substantiel nouveau en le complétant par un principe spécifique. L'effet formel n'est ici qu'une partie de l'être, et cette partie même est le produit d'une double causalité, dont l'une, la causalité efficiente provient de l'agent, l'autre, la causalité matérielle appartient au sujet récepteur de l'action.

En second lieu, refuser aux causes secondes l'activité génératrice, sous prétexte que les formes essentielles sont des réalités nouvelles, c'est bannir de l'univers toute activité naturelle et souscrire à l'occasionalisme.

Une action, si simple soit-elle, aboutit toujours à une modalité d'être qui n'était pas auparavant. Une couleur qui change, un mouvement local, l'échauffement d'un corps, voilà bien des réalités que la nature multiplie sans cesse autour de nous. Ce sont des êtres accidentels nouveaux.

Il faudrait donc, pour être conséquent, expliquer leur genèse par une cause extramondaine [1]).

[1]) S. Thomas, *De potentia*, q. 3, a. 8. « Si ergo propter hoc formas substantiales oportet esse per creationem... pari ratione et formae accidentales. Sicut autem res generata perficitur per formam substantialem, ita fit dispositio per formam accidentalem. Ergo res naturalis nullo modo erit generans, neque sicut perficiens neque sicut disponens : et sic cassa erit omnis naturae actio. Cum dicitur aliquid fieri ex nihilo, negatur causa materialis, quae nunquam deest in generatione sive substantiali sive accidentali. »

146. Critique de la théorie thomiste. — Considérée sous cet aspect, la production des principes spécifiques par les causes secondes ne soulève aucune difficulté.

Il n'en est plus de même quand on essaye de la concilier avec la théorie thomiste sur l'activité des êtres.

Pour saint Thomas et la plupart des scolastiques, aucune substance créée n'est principe immédiat d'activité. Toute la causalité efficiente s'exerce par des puissances accidentelles, actives et passives, émanées du fonds substantiel. Ces énergies secondaires, réellement distinctes entre elles, le sont aussi de leur source commune, en sorte que, dans aucun cas, la substance, comme telle, ne met directement en œuvre son énergie foncière [1]).

1) S. Thomas, *Summ. Theol.*, P. I, q. 77, a. 1. « In solo Deo operatio est ejus substantia. Unde Dei potentia quae est operationis principium est ipsa Dei essentia ; quod non potest esse verum neque in anima, neque in alia creatura. » Cfr. q. 54, a. 1, 2, 3. — *De anima*, q. 1, a. 12. « Cum ergo id quod agit, non pertinet ad esse substantiale rei, impossibile est quod principium quo agit, sit aliquid de essentia rei. Et hoc manifeste apparet in agentibus naturalibus. »

In eodem articulo, ad 4. « Dicendum, quod hoc ipsum quod forma accidentalis est actionis principium habet a forma substantiali ; et *ideo* forma substantialis est primum actionis principium, sed non proximum. »

Sum. cont. Gent., Lib. 3, c. 69. « Nec oportet quod, quia *omnis actio* inferiorum corporum sit per qualitates activas et passivas, quae sunt accidentia, quod non producatur ex actione earum nisi accidens, quia illae formae accidentales, *sicut* causantur a forma substantiali, quae simul cum materia est causa omnium propriorum accidentium, *ita* agunt virtute formae substantialis. » Or, en maints endroits de ses ouvrages, saint Thomas dit formellement que la substance ne produit pas ses propriétés par une causalité efficiente. Il doit donc aussi refuser à la substance cette même influence causale sur le devenir des formes substantielles.

Cfr. Cajetanus, *loc. cit.*, notamment P. I, q. 54, a. 3. — Capreolus, In 3 *Dist.*, 3, q. 3, a. 2 et in 4 *Dist.*, 12, q. 1, a. 3.

Dans sa *Physique*, 1re Partie, Thèse II : « De la cause efficiente », Goudin, partisan décidé de l'opinion thomiste, traite à fond la question qui nous occupe. Les termes dont il se sert pour formuler le problème, montrent clairement en quel sens il entend la doctrine traditionnelle : « Comment se fait-il, dit le savant auteur, que la forme accidentelle, précisément parce

Or, si les agents matériels n'exercent jamais qu'une influence causale accidentelle, comment peuvent-ils donner naissance à des formes essentielles? La perfection de l'effet, semble-t-il, dépasse la perfection de sa prétendue cause. Il y a là, il faut bien le reconnaître, une difficulté très sérieuse.

Ces forces, dit-on, ont leurs racines dans la substance, elles en sont la continuation naturelle, et l'aident à atteindre ses fins [1]).

D'accord, mais ces relations ne changent point la vertu intrinsèque des réalités accidentelles. Aussi longtemps que le principe immédiat d'action demeure *accidentel,* le devenir du terme *substantiel* n'en est pas moins inexpliqué et même inexplicable.

Pour lever la difficulté, inutile aussi de supposer que ces puissances secondaires reçoivent de l'essence un accroissement d'intensité.

D'abord, pareille communication implique une activité proprement dite, et la substance, contrairement à l'hypothèse, serait elle-même active. De plus, peu importe le mode de communication, le surcroît d'énergie transmis aux accidents sera, de toute nécessité, ou accidentel ou substantiel. Dans le premier cas, l'incapacité des puissances secondaires reste inchangée. Dans le second, l'accident devient le sujet d'une force substantielle, ce qui est contradictoire.

Quel que soit donc le rôle des énergies accidentelles, quelle que soit leur union avec la substance, cette théorie nous parait inconciliable avec les exigences du principe de causalité.

147. Opinion de Suarez et de certains philosophes modernes. — Dans un but de conciliation, plusieurs auteurs,

qu'elle est jointe à une forme substantielle, sans en avoir rien reçu, ait le pouvoir de produire non seulement une forme semblable et proportionnée à elle-même, mais une forme substantielle qui la dépasse?»

[1]) S. Thomas, *De anima,* q. 1, a. 12.

notamment Suarez, ont apporté un correctif à la doctrine thomiste.

Avec saint Thomas, le philosophe espagnol reconnaît aux agents naturels le pouvoir de communiquer à la matière de nouvelles formes essentielles. Seulement, c'est à la substance elle-même qu'il attribue la part principale de l'activité génératrice.

Voici quel est, d'après lui, le processus d'une génération : les corps s'altèrent mutuellement par le jeu des puissances accidentelles, jusqu'à ce qu'une résultante commune ou un équilibre de forces nécessite leur fusion en un être nouveau. A ce moment, la substance elle-même prête son concours aux énergies secondaires, et produit avec elles, par une action directe et immédiate, le nouveau principe spécifique.

L'activité des êtres se trouve ainsi proportionnée aux effets qu'on lui attribue : les formes essentielles ont pour causes des forces substantielles [1]).

148. Critique de l'opinion suarézienne. — Plus d'une fois, cette théorie fut prise à partie au nom de la distinction réelle que la généralité des thomistes placent entre l'essence et les accidents. Quelle est, dit-on, l'utilité des puissances opératives, si le principe foncier jouit lui-même d'une activité propre ?

Cette critique paraît exagérée. D'ailleurs, Suarez lui-même en a fait justice. Comme toute forme, dit-il, naît dans une matière prédisposée, le générateur doit mettre en jeu certaines énergies secondaires pour réaliser chez le sujet récepteur les dispositions requises. Et puis, en agissant avec la substance, ces énergies auxiliaires en règlent l'activité et deviennent de vraies causes instrumentales dans la production des formes.

Mais, à côté de ce reproche, il en est un beaucoup plus grave et, à notre sens, plus fondé.

[1]) Suarez, *Metaph.*, Disp. 18, sect. 2, 21-25.

Le principe scolastique, d'après lequel l'activité substantielle n'appartient qu'à Dieu seul [1]), est ici visiblement sacrifié. Suarez s'imagine le sauvegarder moyennant certaines conditions imposées à l'exercice de l'activité foncière ; il ne fait même appel au concours de la substance que dans un cas particulier, lorsqu'il s'agit des transformations profondes de la matière où l'insuffisance des forces accidentelles est manifeste. Pareille distinction est illusoire.

En effet, que cette intervention soit rare ou fréquente, qu'elle soit subordonnée au déploiement préalable de forces inférieures, l'essence corporelle est, dans cette hypothèse, un principe immédiat d'action.

Or, la doctrine thomiste qui est l'antithèse de cette proposition, peut-elle être révoquée en doute ?

149. Autre essai de solution. — De cette discussion se dégage une double conclusion. Les qualités actives de la matière, laissées à elles-mêmes, sont impuissantes à rendre compte de l'origine des formes essentielles. D'autre part, la substance, du moins selon l'opinion thomiste, ne leur fournit point le complément d'énergie qui leur manque.

D'où vient donc ce secours si impérieusement réclamé ?

La philosophie, d'accord avec la théologie, nous enseigne que le Créateur n'est point étranger à son œuvre.

Il conserve les êtres et leurs puissances, et par une action directe et positive, il concourt si efficacement à chacune de leurs activités, que, sans cette incessante coopération, nulle virtualité, d'ailleurs prédisposée à son acte, n'est capable d'agir.

En dehors du domaine de la grâce, ce concours est exigé par les lois qui règlent l'activité des causes secondes, et pour ce motif, quoiqu'il vienne de Dieu, il est lui-même naturel.

De cette union intime de la causalité divine et de la causa-

[1]) La démonstration de cette doctrine est du ressort de l'*Ontologie*. Nous croyons inutile de la reprendre ici.

lité créée, résulte une seule action, un effet indivis que la créature et le Créateur peuvent s'attribuer [1]).

Appliquons cette doctrine à la génération substantielle.

Pendant toute la durée d'une réaction chimique, les forces accidentelles des substances réagissantes, aidées du concours divin, s'influencent mutuellement en vue de réaliser une résultante commune. Au cours de ces altérations progressives, un moment arrive où les natures en présence cessent d'être en harmonie avec leurs puissances modifiées, et réclament l'apparition d'une forme nouvelle.

A cet instant, la cause première qui jusque-là n'avait prêté au corps qu'une assistance accidentelle, proportionne sa coopération à la grandeur de l'effet à produire, et sous l'influence simultanée des énergies secondaires agissant comme causes instrumentales, et du Créateur exerçant le rôle de cause principale, la forme nouvelle apparaît dans la matière.

Assurément, l'action divine se montre plus intense au moment de la naissance de la forme. La créature ne cesse cependant d'y coopérer dans la mesure de ses forces, de sorte qu'à bon droit, l'une et l'autre méritent d'être appelées les causes réelles de la forme naissante.

Suit-il de là que Dieu doive multiplier son intervention dans le monde, au préjudice de l'activité de la nature ?

Non : la cause première n'intervient, ni une fois de plus, ni une fois de moins dans l'économie de l'univers.

Pour saint Thomas, Suarez et les philosophes scolastiques, le concours divin se prolonge jusqu'au terme de la génération, de manière que l'activité génératrice de la créature se trouve renforcée de la coopération divine pendant toute la durée du phénomène. C'est aussi la pensée des partisans de cette troisième opinion, avec cette seule différence, qu'afin de proportionner l'influx final du Créateur aux exigences de l'effet à réaliser, ils lui accordent une énergie plus grande.

1) S. Thomas, *De potentia*, q. 3, a. 7.

D'aucuns diront peut-être : si dans la production des principes spécifiques, la part principale d'action revient au Créateur, de quel droit prétendre que les composés sont engendrés par leurs éléments respectifs, la graine par la plante, l'animal par ses parents ?

Saint Thomas n'a point éprouvé ce scrupule.

Dans la génération humaine, dit-il, Dieu crée directement et sans le concours de la matière, l'âme spirituelle. Nul ne doute cependant que les parents soient les vrais générateurs de leur enfant. C'est en effet par leur action combinée que la matière fut conduite à ce stade de développement où, d'après les lois de la nature, elle devait devenir un être humain et subir l'information d'une âme raisonnable. Ils sont donc la cause nécessitante de l'action divine et partant les auteurs du composé nouveau [1]).

Or, dans le monde inorganique, animal et végétal, les causes secondes ont une influence bien plus décisive sur le devenir des formes essentielles. Non seulement elles nécessitent leur apparition, mais elles les produisent à la manière de causes instrumentales, unies et subordonnées à l'influx divin.

150. Conclusion générale. — En présence de pareille divergence d'idées, on hésite à décider quelle est, de toutes ces opinions, la plus conforme aux principes de la philosophie.

Sans vouloir résoudre ce grave problème, nous nous contenterons d'indiquer les conclusions qui semblent solidement établies.

[1]) S. Thomas, *De potentia*, q. 3, a. 9, ad 2um. « Dicendum quod totus homo egreditur de femore generantis, propter hoc quod virtus seminis de femore generantis operatur ad unionem corporis et animae, disponendo materiam ultima dispositione, quae est necessitans ad formam ; ex qua unione homo habet quod sit homo. » — Cfr. *ibid.*, ad 19um. « Dicendum quod licet anima rationalis non sit a generante, unio tamen corporis ad eam, est quodammodo a generante ut dictum est. Et ideo homo dicitur generari. »

D'abord, la genèse des formes essentielles nous paraît inexplicable par les causes secondes, si celles-ci n'ont à leur disposition que des pouvoirs d'action accidentels. L'insuffisance de semblable cause est manifeste.

Cette première opinion écartée, le choix se trouve limité à l'une des deux hypothèses suivantes : ou bien il faut attribuer à la substance une efficience réelle, ou il faut enrichir les activités accidentelles d'un concours divin plus efficace.

La première hypothèse contredit le principe thomiste qui refuse à la substance toute intervention directe.

Jusqu'ici la validité de ce principe n'a guère été contestée par les thomistes ; seulement à l'heure présente, plusieurs en donnent une interprétation nouvelle. Ils reconnaissent avec saint Thomas que la substance seule est physiquement incapable d'exercer une causalité vraiment efficiente, mais, d'après eux, cette incapacité disparait sous la détermination des propriétés accidentelles. Celles ci, dit-on, forment le complément naturel dont l'être a besoin pour devenir substantiellement actif, de sorte que toute activité relève toujours de deux causes unies et inséparables, la substance et l'accident. Tel est le sens précis de l'adage scolastique [1]).

Quoique ingénieuse, cette interprétation est encore entourée de mystères. Est il bien compréhensible, en effet, qu'un être, de lui-même inactif, acquière une activité substantielle par la causalité formelle d'un accident ?

La dernière hypothèse ne prête le flanc à aucune critique sérieuse. Le seul reproche qu'on pourrait lui faire, c'est de

[1]) Pour certains auteurs, telle serait même la pensée de saint Thomas. Nous ne pouvons partager ce sentiment. Bon nombre de textes de la *Somme théologique*, qui est le couronnement des œuvres du philosophe médiéval, ne laissent aucun doute à ce sujet. D'ailleurs, les commentaires de Cajetan, de Capréolus, l'interprétation de Goudin et les critiques mêmes de Suarez indiquent assez clairement quelle fut l'opinion traditionnelle sur le sens de cet adage.

trop accentuer l'importance de la coopération divine, au détriment du rôle de la créature. Cette objection n'est-elle pas plus sentimentale que rationnelle ? Quoi qu'il en soit, il reste à souscrire à cette opinion, ou à tempérer le principe thomiste.

ARTICLE VI

La destruction de la substance corporelle

Lorsque deux corps se transforment en un composé chimique, ils lui transmettent intégralement leur matière première, tandis que les deux principes déterminants qui fixaient ses traits spécifiques se trouvent remplacés par un principe essentiel nouveau. On dit de ces substances qu'elles sont détruites, en ce sens que, dans cette métamorphose profonde, elles ont perdu leur nature, leur état substantiel propre.

151. Comment les formes disparaissent-elles ? Quelle est la cause de leur disparition ? — La disparition d'un être n'est pas, comme la naissance, le terme direct et immédiat d'une causalité efficiente, car toute puissance active tend à communiquer une similitude d'elle-même, à introduire dans l'univers un certain mode d'être [1]).

La raison pour laquelle un accident, une forme quelconque disparaissent de la scène du monde, c'est uniquement leur incompatibilité avec l'un ou l'autre changement intervenu dans le corps qui les possède [2]).

Or, dans tout changement substantiel, une double incompatibilité entraîne fatalement l'extinction des formes préexistantes. D'abord, les propriétés amoindries cessent d'être appropriées aux natures dont elles émanent. Ensuite, la forme nouvelle, but primordial de la réaction, est la rivale de ses

[1]) S. Thomas, *De potentia*, q. 1, a. 3, in corpore. « Unumquodque agens est natum agere sibi simile : unde omnis actio potentiae activae terminatur ad esse. »

[2]) S. Thomas, *loc. cit.*

devancières. Rien d'étonnant qu'une substitution instantanée soit le résultat de cette double antipathie.

Que deviennent ces formes supplantées? Elles disparaissent simplement du monde des existences, comme s'évanouissent autour de nous tant de mouvements corporels, tant de modalités accidentelles de la matière.

152. **Quel ordre de succession préside au renouvellement des formes essentielles ?** — En réalité, ce phénomène ne comporte aucune succession réelle ; les circonstances au sein desquelles il se produit, le montrent suffisamment.

Toutefois, dans la pensée, la naissance de la forme précède, d'une priorité de nature, la disparition des formes antérieures. Le premier de ces phénomènes est en effet la raison nécessitante du second ; de plus, lui seul est le but et la fin réelle de toutes les activités mises en jeu dans la transformation.

Si l'on tient compte, au contraire, que la matière, pour tomber sous les prises d'une détermination substantielle, doit être au préalable dépouillée de la forme qui l'imprègne actuellement, ce dépouillement semble précéder l'information nouvelle [1]).

D'après les points de vue où l'on se place, l'ordre d'antériorité et de postériorité devient ainsi réversible ; preuve évidente qu'il faut en bannir toute succession temporelle.

153. **La destruction d'une substance est-elle un phénomène naturel ?** — Aucun corps ne tend à sa propre destruction. Aux degrés supérieurs de la vie, il est facile de constater cette tendance innée de chaque être à sauvegarder son intégrité, à perpétuer indéfiniment son existence. Nous traduisons cette tendance par un terme très expressif, en l'appelant l'instinct de la conservation.

[1]) S. Thomas, *De veritate*, q. 27, a. 7.

Avec des caractères moins sensibles mais non moins réels, cette attache à l'existence se retrouve chez tous les êtres inférieurs, y compris les corps inorganiques. Tous sont doués d'une finalité immanente, d'une inclination foncière vers leur bien propre.

A considérer les corps individuellement, la destruction n'est donc point dans le vœu de la nature.

Il en est autrement, quand on fixe les yeux sur l'ordre cosmique. A quoi se réduit en effet le cours naturel des choses, sinon à une succession ininterrompue de générations dont chacune laisse après elle le souvenir d'un être disparu ? Ici le bien général prime le bien particulier, et la destruction des corps, sans être jamais un but, devient cependant une conséquence naturelle des lois cosmiques qui président à l'évolution rythmique de la matière [1]).

154. **Quel est le sort des accidents dans le fait d'une transformation substantielle ?** — En perdant sa détermination spécifique, le corps perd-il du même coup toutes les perfections accidentelles dont il est doué ?

Cette question, vivement débattue au moyen âge, a plus d'une fois provoqué les satires des adversaires modernes du thomisme.

L'opinion de saint Thomas est catégorique en ce point. « Tous les accidents, dit-il, partagent fatalement les destinées de la forme » [2]).

1) S. Thomas, *De malo*, q. 1, a. 4. « Quod corruptio dicitur mutatio naturalis, non secundum naturam particularem ejus quod corrumpitur, sed secundum naturam universalem quae movet ad generationem vel corruptionem, ad generationem quidem per se, ad corruptionem autem inquantum generatio sine corruptione esse non potest. »

2) S. Thomas, *De pluralitate formarum*. Difficultates ex philosophia, ad 5um. — *De generatione*, Lib. 1, lect. 10. « Dicendum, ait, quod non idem manet numero accidens in genito, sed quod prius erat, corrumpitur per accidens in corruptione sui subjecti, recedente forma, quae prius erat talis accidentis et advenit simile accidens consequens formam de novo advenientem. » — Cfr. Cajetanus, *Comment.* in Opusc. *De ente et essentia*, c. 7, q. 17.

Voici comment le philosophe médiéval établit sa thèse.

Quant aux propriétés *nécessaires* qui constituent le complément naturel de la substance, il est clair qu'elles ne peuvent survivre à la destruction du composé. N'est-ce pas dans le fonds substantiel qu'elles plongent leurs racines ; n'est-ce pas à cette source qu'elles empruntent leurs énergies, leur caractère distinctif et leurs inclinations ? Toutes ces propriétés, unies à leur forme par un lien indissoluble, disparaissent donc avec elle, tandis que la forme rivale qui les supplante entraîne à sa suite tout un cortège de propriétés nouvelles.

La succession des déterminations essentielles s'accompagne ainsi d'une succession pareille de perfections accidentelles.

La même loi, dit saint Thomas, régit les vicissitudes des accidents *contingents* et passagers.

Implantés dans la substance qui est leur sujet indispensable d'inhérence, ces accidents s'y sont individualisés en gardant à son égard une dépendance radicale et intrinsèque. Avec la forme essentielle, ils perdent leur point d'appui naturel, c'est-à-dire la condition primordiale de leur conservation, à moins que la matière première n'en devienne le support immédiat — hypothèse inconciliable avec la potentialité pure du substrat matériel [1]). La forme essentielle, on le sait, confère à la

[1]) En fait les philosophes qui admettent pour certains accidents la possibilité de passer de la substance détruite dans la substance nouvelle, se refusent à reconnaître à la matière un caractère purement potentiel. Ils lui attribuent une ébauche d'actualité et d'être ; et c'est justement dans cette perfection native initiale qu'ils font consister l'aptitude de la matière à supporter l'une ou l'autre détermination accidentelle.

Parmi les partisans de cette théorie, citons surtout : SUAREZ, *Metaph.*, disput. 13, s. 4 et 5, dist. 15, s. 8, n. 7. — SCOTUS, *In 2 Dist.* 12, q. 1 et 2. — PESCH, *Instit. phil. natur.*, Lib. 2, disp. 3, sect. 3, n. 220.

Telle fut aussi l'opinion de la plupart des commentateurs arabes d'Aristote, notamment d'Averroès.

matière sa première actuation ; nulle forme accidentelle ne peut la devancer [1]).

De là, la conclusion générale : tous les accidents, sans distinction, périssent avec la forme, et aucun d'eux ne se retrouve *numériquement* le même dans l'être nouveau.

155. Difficulté. — La théorie thomiste rencontre actuellement peu d'adversaires sur le terrain de la métaphysique.

C'est surtout à l'expérience qu'on fait appel pour la combattre.

Une foule de faits journaliers, dit-on, lui donnent un solennel démenti. Voyez, par exemple, ce qui se passe à la mort d'un animal.

Le mouvement a cessé ; la rigidité des membres atteste d'une manière certaine que la mort a accompli son œuvre. Cependant une quantité d'accidents qui ont sûrement appartenu à l'être vivant persistent chez le cadavre : tels, le pelage, la forme générale du corps, le volume, la disposition relative des membres, la structure des tissus, voire même certaines cicatrices. Extérieurement, il semble que rien n'est changé, que rien n'a disparu, sauf le principe vital.

156. Solution de la difficulté et contrôle de la théorie dans les trois règnes. — Cette objection est spécieuse. Elle a dû l'être surtout au moyen âge, alors que les sciences physique et chimique, encore à l'état d'enfance, loin de jeter quelque lumière sur les phénomènes, étaient plutôt de nature à en fausser l'interprétation.

Aujourd'hui des données scientifiques plus exactes et plus profondes permettent au philosophe de se prononcer avec plus d'assurance sur le caractère de ces faits.

[1]) S. Thomas, *In 2 Sent.*, dist. 8, q. 5, a. 2. « Materia prima... nec efficitur diversa per aliqua accidentia ante adventum formae substantialis, cum esse accidentale non praecedat substantiale. »

Afin de rencontrer toutes les difficultés relatives à cette question, difficultés dont nous n'avons ici qu'un exemple typique, examinons la théorie thomiste dans les trois règnes.

1° **Règne minéral.** — La chimie nous offre deux catégories de faits spécialement instructifs pour la question présente.

C'est, en premier lieu, l'existence d'un grand nombre de composés chimiques qui n'ont avec leurs composants que des analogies lointaines.

Ainsi la combinaison du mercure et de l'iode donne naissance à une poussière rougeâtre, dont il est impossible de connaître la provenance, autrement que par l'analyse. Sous le rapport de la couleur, de la saveur, du poids spécifique, des propriétés chimiques, les éléments générateurs semblent avoir disparu ou plutôt s'être transformés en une individualité totalement nouvelle.

La raison explicative de cette absence complète de traits communs se devine.

D'ordinaire, cette sorte de composés résulte de la combinaison d'espèces chimiques placées à grande distance l'une de l'autre dans l'échelle des corps. Or des natures aussi disparates doivent, pour revêtir un même état substantiel, subir au préalable une altération profonde de leurs propriétés, se soumettre à un travail de nivellement qui devient de toute nécessité une œuvre de défiguration.

L'hypothèse qui admet la possibilité d'un transfert de certains accidents d'une substance à l'autre, est évidemment sans application à cette première catégorie de corps.

On rencontre aussi d'autres composés où se retrouvent, à côté de caractères nouveaux, quelques traits empruntés à la physionomie des générateurs.

Ici, le fait d'une ressemblance partielle semble confirmer l'hypothèse. Ces accidents, dit-on, ont conservé leur identité individuelle.

En réalité, cette interprétation est insoutenable, même dans ce cas, favorable en apparence.

D'abord, la similitude des propriétés s'explique tout aussi bien dans la théorie thomiste.

Généralement, les composés de cette classe sont issus d'espèces rapprochées, ayant entre elles des caractères communs. Rien de plus naturel que des espèces voisines reproduisent dans le résultat de leurs activités combinées, l'un ou l'autre indice de leur ressemblance partielle. Et puisque l'effet doit refléter, au moins en une certaine mesure, les propriétés saillantes de sa cause, il serait arbitraire de substituer ici à l'hypothèse d'une reproduction d'accidents semblables, la théorie de l'identité numérique.

Il y a plus. Quand il s'agit des corps de la première catégorie, on admet sans peine un renouvellement total des propriétés. Mais la nature ne se livre jamais à des activités capricieuses ; elle a ses lois immuables. Si elle orne d'accidents réellement nouveaux cette classe de composés, de loin la plus nombreuse de la chimie, il est évident qu'elle suit toujours et partout la même loi, qu'elle ne change point son procédé pour la génération des corps qui ont avec leurs générateurs des analogies plus frappantes.

Dans le monde inorganique, la théorie thomiste s'harmonise donc avec les faits. Elle est même la seule théorie qui puisse rester constamment d'accord avec elle-même [1]).

2° **Règne végétal.** — La plante est constituée de corps

[1]) En soumettant la doctrine thomiste à ce contrôle, nous n'avons pas en vue de prouver soit l'unité du composé chimique ou de l'être vivant, soit la transformation essentielle des éléments dans le fait de la combinaison. Ces doctrines seront discutées plus tard.

A ce moment, notre but unique est de montrer que la similitude partielle constatée entre certains composés et leurs générateurs n'est point un argument contre cette théorie, ou plutôt n'autorise pas les hommes de science à nier que la combinaison s'accompagne d'un renouvellement complet de propriétés.

chimiques d'une très grande complexité. Tandis que la molécule des minéraux les plus complexes contient tout au plus une vingtaine d'atomes, celle des substances organiques produites par les végétaux en renferme souvent des centaines.

D'après des expériences récentes, le chimiste Schutzenberger donne pour formule minima à l'albumine sèche et pure : $C_{250}\ H_{409}\ N_{67}\ O_{81}\ S_3$. Encore ignore-t-il par quel coefficient il faudrait la multiplier pour en exprimer la richesse réelle.

Dans la plante vivante, un seul principe déterminant réduit à l'unité essentielle toutes ces substances albuminoïdes et fait surgir en chacune d'elles des propriétés conformes à leur composition chimique. Par un travail de complication progressive de la matière brute, la nature a ainsi accumulé les atomes dans la molécule albuminoïde où ils se revêtent d'un même état substantiel nouveau, afin de les prédisposer à devenir les parties intégrantes de ce tout supérieur qu'est le végétal.

Supposez maintenant qu'une plante perde son principe vital : aussitôt les riches composés organiques qui existaient en elle à l'état virtuel, reprennent leurs formes respectives et avec celles-ci toutes les propriétés chimiques et physiques correspondantes.

Entre les propriétés nouvelles et celles de la plante vivante, y aura-t-il quelques traits de ressemblance ?

Sans aucun doute. Il est même certain que très peu de différences marqueront le passage des composés organiques, de l'état de vie commune à l'état de liberté. Le principe vital, en effet, n'a pas pour mission de communiquer aux diverses parties quantitatives du végétal, des propriétés nouvelles ou supérieures aux propriétés du monde inorganique. Son rôle vraiment spécifique est de faire converger toutes les activités dont il était la source foncière, vers un seul et même but : la conservation et le développement de l'être vivant. Aussi cette convergence harmonique disparaît dans la plante morte.

Mais pour le reste, le principe vital remplit exactement les fonctions des formes chimiques qu'il a supplantées.

A la mort de l'individu, ces mêmes formes minérales vont donc réapparaître avec le même cortège de propriétés et dans les mêmes parties où nous avions constaté leur présence. La couleur, l'étendue, bref tout le signalement du végétal semblera n'avoir subi aucun changement. L'illusion sera complète et pourra même perdurer jusqu'à ce que les substances albuminoïdes, actuellement indépendantes l'une de l'autre, viennent briser par leurs actions réciproques l'apparente unité du tout.

Ici encore, il y a concordance parfaite de la théorie scolastique avec l'explication scientifique des faits. La réapparition dans l'être nouveau de propriétés semblables aux devancières relève aussi bien des lois de la chimie organique que de la nature du principe vital.

3° **Règne animal.** — Les considérations que nous venons d'émettre sur la constitution chimique du végétal s'appliquent en tous points aux animaux.

Chez l'animal aussi l'ensemble des tissus résulte de substances albuminoïdes diverses, extrêmement complexes, réunies par un seul principe de vie en une unité supérieure. Et bien que chacun de ces composés organiques ne soit en fait qu'une partie intégrante du tout, chacun d'eux y manifeste des caractères propres au double point de vue chimique et physique. En effet, par des procédés très simples, il est facile de mettre en évidence la présence du phosphore dans le cerveau, du calcium dans les os, des graisses dans les tissus adipeux. Toutes ces propriétés dérivent cependant, ainsi que les manifestations de la vie sensitive et végétative, du fonds substantiel de l'être, ou plus spécialement de sa forme spécifique. C'est elle surtout qui est la grande pourvoyeuse des énergies et l'élément régulateur de leurs activités.

Ce principe de vie vient-il à disparaître, les propriétés dont

il était l'origine première ou le point d'appui principal s'évanouissent avec lui, pendant que des formes nouvelles, nécessitées par les prédispositions de la matière, font éclore dans les parties diverses de l'être leurs propriétés connaturelles.

Parmi les activités disparues les unes le furent sans retour; ce sont les activités vitales. Les autres, communes au monde inorganique et à l'être vivant, réapparaissent dans le cadavre, en manifestant une similitude plus ou moins parfaite avec les énergies qu'elles remplacent.

En réalité, pourquoi en serait-il autrement? Redisons-le, le principe vital a pour privilège de contenir en lui, outre sa perfection réellement spécifique, toutes les virtualités des formes inférieures. Mais en tant que substitut de ces formes, il ne lui est point donné d'introduire dans le monde une seule activité qui dépasse la sphère d'action naturelle des forces inorganiques.

Lorsque les formes minérales reprennent leur empire sur la matière, elles doivent donc lui restituer toutes les propriétés chimiques et physiques dont le corps était investi sous le régime du principe vital. Dès lors, ne faut-il pas s'attendre à ce que, malgré leur indépendance actuelle, les multiples substances formées après la mort, conservent leur volume antérieur, leur disposition relative et par là donnent aux tissus une apparence d'organisation? [1]) Ainsi en est-il de la couleur, de la forme des membres, de tous les autres accidents qui rappellent en traits plus ou moins fidèles la physionomie générale de l'animal.

Seulement, avec la vie sensible disparaît ce principe foncier de finalité qui maintenait l'harmonie parmi les activités variées de l'être et assurait la convergence vers l'unité du but. Chacune des substances redevenues libres agit alors pour son

[1]) « Les matières albuminoïdes, dit M. Gautier, associées aux matières minérales, forment toujours la trame organisée essentielle des tissus. » Cfr. Gautier, *Chimie biologique*, p. 82. Paris, Savy, 1892.

propre compte, subit les influences délétères de ses voisines et des causes extrinsèques, concourt enfin pour sa part à la désagrégation du cadavre. Aussi le travail de dissolution chez l'animal est d'ordinaire plus rapide que chez le végétal, parce que l'énorme complexité atomique des substances est une cause puissante d'instabilité [1]).

On le voit, la doctrine thomiste est la traduction fidèle des données de l'expérience.

157. Objection. — Y a-t-il des formes essentielles qui aient la propriété de produire des cicatrices ?

Ne retrouve-t-on pas dans le cadavre certaines traces de blessures faites à l'animal vivant ?

Cette objection est ancienne ; saint Thomas l'avait déjà rencontrée dans un de ses opuscules. Elle fut sans aucun doute suggérée par l'ignorance des caractères véritables du fait allégué.

Enlevez à un être vivant une partie de son derme, de façon à faire disparaître pour toujours la croissance des poils ; vous mettrez à nu le tissu sous-jacent de couleur blanchâtre qui forme le fond de la cavité, et la cicatrice sera formée. Or, que faut-il pour que ce phénomène réapparaisse après la mort ? Il suffit que les substances chimiques placées autour de la plaie conservent leur position et leur teinte respectives. La résultante négative sera justement ce qu'on appelle une cicatrice.

Or, nous l'avons dit, au point de vue chimique il n'existe aucune bonne raison de nier la reproduction intégrale dans les corps nouveaux de ces deux accidents : la couleur et la position des parties quantitatives.

1) « Il y a entre l'être vivant et le cadavre, écrit M. Duclaux, cette profonde différence que les fonctions de l'être vivant sont accordées les unes aux autres, tandis que celles du cadavre sont en désaccord, et loin d'en assurer la conservation, en hâtent, au contraire, la ruine. » DUCLAUX, *La chimie de la matière vivante*, p. 242. Paris, Alcan, 1910.

158. Que penser de la forme cadavérique ? — Certains scolastiques admettaient, outre les formes permanentes qui constituent avec la matière les types spécifiques de la nature, des formes transitoires, c'est-à-dire des principes déterminants, uniquement destinés à marquer les diverses étapes que parcourt un être, avant d'atteindre la perfection définitive d'une espèce donnée. Ces formes, croyaient-ils, se rencontrent, soit dans l'évolution progressive de la matière, notamment aux stades principaux du développement de l'embryon humain [1]), soit dans la voie régressive que suit la nature lorsqu'elle passe des degrés supérieurs de la vie à celui de corps minéral. Elles ont pour mission de ménager d'insensibles transitions entre des états éloignés, conformément à l'adage : « *natura non facit saltus* ».

D'après ce principe, le cadavre de l'animal ou de l'homme ne se résout pas, immédiatement après la mort, en une multitude de corps chimiques indépendants. Il garde au contraire une véritable unité, grâce à un nouveau principe d'information essentiellement passager. Les scolastiques donnaient à ce principe le nom de « forme cadavérique ».

Jusqu'ici, nous ne voyons aucune nécessité rigoureuse de l'admettre. Toutefois, on ne peut contester, semble-t-il, que les résultats de la chimie biologique soient plutôt favorables à cette hypothèse.

Quand on soumet à l'analyse les tissus d'un animal mort depuis quelques instants, on découvre en eux des corps d'une étonnante complexité. Les substances protéiques, mises en liberté sous l'influence des réactifs, n'ont plus leur constitution chimique originelle, mais, même ainsi réduites, elles sont encore d'une telle richesse moléculaire que nul n'est parvenu à en donner une évaluation certaine.

Or, fait digne de remarque, à mesure qu'on s'éloigne du

[1]) S. Thomas, *De potentia*, q. 3, a. 9, ad 9um. — Cfr. Suarez, *Met.* Disput. XVIII, s. II, n. 30. — Johannes a s. Thoma, *Summa Text. Lib. Aristotelis. De Generatione*. Lib. I, c. 3.

moment de la mort, ces corps révèlent une simplification toujours croissante dont on peut suivre les différents stades, et finissent par restituer au milieu ambiant des produits relativement simples [1]). En somme, dans la voie analytique ou de résolution, la matière parcourt à peu près, mais en sens inverse, les mêmes étapes qu'elle avait traversées dans la voie synthétique. Beaucoup de corps chimiques, en effet, passent par quatre degrés de complication progressive, avant d'être incorporés dans les tissus de l'animal ou du végétal.

Que la nature travaille à l'édification d'un être vivant ou qu'elle détruise l'œuvre péniblement élaborée, toujours elle se montre l'ennemie des transitions brusques. N'y a-t-il pas dans ce fait un indice scientifique favorable à l'opinion des anciens sur l'unité passagère du cadavre [2]) ?

Quoi qu'il en soit, il paraît au moins certain que des parties considérables du corps, de même nature chimique ou de composition analogue, conservent, après la mort, une véritable unité individuelle [3]).

[1]) Cfr. Arthus, *Précis de chimie physiologique*, p. 378. Paris, 1913.

[2]) Il est à noter cependant que les tissus nerveux sont voués à une rapide dégénérescence. Les tissus conjonctifs au contraire et les épithéliums résistent longtemps à la mort. Grawitz a observé des mouvements ciliaires sur un épithélium nasal enlevé à un malade depuis neuf jours (*Revue scientifique*, 26 juillet 1913, p. 110).

[3]) Ainsi s'expliquent aisément certains phénomènes étonnants que l'on constate parfois sur le cadavre humain ; telle, par exemple, la croissance des poils, des ongles, etc. L'unité relative dont jouissent temporairement les tissus ou les parties organiques qui sont le siège de ces phénomènes assure la convergence de toutes les activités vers un but unique. Les formes transitoires remplissent ici le rôle d'une forme végétative.

ARTICLE VII

Conception thomiste du composé chimique.
L'existence virtuelle des éléments dans le composé.
Possibilité du retour des éléments à l'état de liberté

Malgré leur unité essentielle, les composés chimiques possèdent une aptitude intrinsèque à régénérer les éléments dont ils résultent.

L'eau, par exemple, est selon toute apparence un corps vraiment homogène. Soumise à l'influence d'un courant électrique suffisamment intense, elle se décompose et ses deux constitutifs, l'oxygène et l'hydrogène, reprennent avec leur état gazeux naturel toutes leurs propriétés distinctives.

Or, n'est-il pas étonnant que des êtres, substantiellement uns, puissent, sous l'action d'un même agent extrinsèque, faire jaillir de leur sein des espèces diverses, parfois même très nombreuses ?

Les thomistes, unanimes à défendre l'unité des composés chimiques, étaient au contraire divisés sur la cause de cet étrange phénomène [1]).

[1]) Aristote a-t-il été partisan de l'unité essentielle du mixte ?

Cette question fut discutée de tout temps et elle l'est encore à l'heure actuelle.

Quand il s'agit de connaître la vraie pensée d'un auteur, la première règle à suivre, nous semble-t-il, est d'interroger l'auteur lui-même. Puis, comme le remarque avec à-propos le P. Schaaf [*]), si l'expression de cette pensée enveloppe, en certains endroits, une certaine équivoque, il reste à l'interpréter d'après les passages les plus clairs et en premier lieu d'après ceux-là où l'auteur expose sa doctrine ex professo.

Si l'on tient compte de ces règles, l'opinion aristotélicienne sur la nature du mixte se découvre sans peine.

Dans le traité *De generatione*, lib. I, c. X, éd. Didot, le Stagirite pose le

[*]) Schaaf, *Institutiones cosmologicae*, p. 334. Romæ, 1907.

159. Première opinion. — Une première interprétation revient à accentuer les relations intimes qui rattachent le composé à ses générateurs.

Les composés chimiques, dit-on, sont les substituts naturels des substances élémentaires disparues.

problème dans toute son ampleur et en termes explicites. « Considerandum est autem, quid mixtio, quid miscibile, quibus entibus et quo pacto competat, et insuper utrum sit mixtio an id falsum sit ».

Voici sa réponse à la première question « quid mixtio ? »

« Quum autem eorum quae sunt, alia actu sint, alia potentia, quae mixta sunt, esse quodammodo et non esse contingat, actu quidem aliud existente eo quod ex eis factum est, potentia vero quippiam utriusque eorum quae erant antequam miscerentur, et non perdita... Nam quae miscentur et prius ex separatis coiisse et posse rursum separari videmus. Igitur neque permanent actu, uti corpus et albedo, neque corrumpuntur, aut ambo aut alterum. Nam eorum virtus atque potentia manet. »

Plus loin, il se demande s'il suffit, pour constituer un mixte, que les petites particules en lesquelles peuvent se diviser les composants, soient intimement juxtaposées de manière que la composition échappe aux prises des sens.

Il est évident, répond-il, que le mixte ne consiste pas dans l'union de particules qui conservent leur nature, car dans ce cas, il y aurait une composition mais pas un mixte, et une partie quelconque du mélange n'aurait pas la même nature que le tout. « Non oportere dicere, quae miscentur, esse mixta secundum partes exiguas quae suam adhuc retineant naturam, perspicuum est ; compositio enim esset, non temperatura aut mixtio, nec pars eamdem cum toto haberet rationem. Dicimus autem, si quid misceri debeat, quod mixtum est similium esse partium, et quemadmodum aquae pars, aqua est, ita et temperati temperatum. »

Se peut-il un exposé plus clair ?

A la fin du chapitre consacré à cette question, Aristote conclut son étude par la célèbre définition suivante : « Mixtio vero est miscibilium alteratorum unio. » Conclusion logique, puisque l'auteur venait de déterminer les conditions requises pour la formation du mixte. Pour que des corps, dit-il, puissent constituer un mixte, il faut qu'ils aient certaines propriétés contraires et soient ainsi aptes à subir de mutuelles altérations. Il en résulte que la formation du mixte doit consister dans l'union ou la fusion en un être nouveau de corps préalablement altérés. Y a-t-il un partisan convaincu de l'unité du mixte qui refuserait de souscrire à pareille formule, surtout si on la considère avec le contexte ?

D'aucuns cependant ont émis un doute à ce sujet et se sont demandé pourquoi le Stagirite n'a pas employé le mot « corruptorum » au lieu de

D'une part, ils ont hérité de leurs composants toute la quantité de matière première qu'ils contenaient.

D'autre part, leur forme essentielle constitue, comme le dit saint Thomas [1]), un terme intermédiaire qui, loin de représenter d'une manière exclusive l'un ou l'autre générateur, participe essentiellement à la nature de tous selon les exigences des altérations antérieures à sa réalisation définitive [2]).

« alteratorum » : toute équivoque, dit-on, eût été dissipée, tandis que le terme actuel comporte une union accidentelle [*]).

Nous répondons : Aristote ne l'a pas fait et pour cause. D'abord, il avait déterminé dans le détail le sens du mot union ; en second lieu, pareille définition eût été inexacte : l'union ne présuppose pas la corruption des miscibles ; elle constitue elle-même cette corruption, et la seule chose qu'elle présuppose, c'est l'altération accidentelle des corps transformables.

Ailleurs, Aristote compare les constituants du mixte aux syllabes qui font partie d'un mot. Or, dit-on, malgré leur fusion, les syllabes y conservent leur réalité propre [**]).

« Omnis comparatio claudicat », dit un vieil adage. Pourquoi faut-il lui donner, en cette occasion, un formel démenti ? Si l'on veut connaître dans quelle mesure une certaine fusion de sons est comparable à la fusion des éléments dans le mixte, pourquoi ne pas demander le sens de cette dernière fusion aux textes où Aristote s'est plu à la définir minutieusement ? Au surplus, qu'on admette l'unité du mixte ou qu'on la rejette, la comparaison ne perd rien de son à-propos et répond au but qu'Aristote se propose.

D'ailleurs, en admettant cette opinion sur le mixte, le Stagirite est resté conséquent avec lui-même. La transmutation essentielle et mutuelle des éléments est pour lui un fait si évident qu'il en déduit d'emblée les deux constitutifs de toute substance corporelle. Cfr. ARISTOTELES, *De generatione et corruptione*, l. II, c. 4 et 5. — S. THOMAS, *Physic.*, Lib. I, lect. 12. Voir aussi ARISTOTELES, *Meteorologicorum*, Lib. IV, c. 1 et 2. Ed. Didot. — DUHEM, *Le système du monde*, pp. 150-157. Paris, Hermann, 1913.

Nous nous rallions donc à l'opinion de saint Thomas qui, dans toutes ses œuvres, interprète les textes aristotéliciens dans le sens favorable à la théorie de l'unité essentielle du mixte.

[1]) S. THOMAS, *De gener. et corrupt.*, Lib. II, lect. 8. — *De pluralitate formarum*, P. I.

[2]) SCOTUS, *Sententiarum*, Lib. 2, d. 15.

[*]) PESCH, *Institutiones philosophiae naturalis*, vol. I, p. 307. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1897.

[**]) ID., *ibid.*, p. 307.

160. Critique de cette opinion. — Les principes allégués sont incontestables. En mettant en relief la raison foncière d'une certaine permanence des masses élémentaires dans le composé, ils nous indiquent même la cause éloignée sur laquelle repose la possibilité de faire renaître d'une synthèse les éléments qui y sont engagés.

Qui ne voit cependant que la question de la raison prochaine de cette possibilité physique reste entière ? En réalité, puisque toute la causalité efficiente des êtres créés s'exerce par des puissances passives et actives, c'est en elles qu'il importe surtout de retrouver les virtualités représentatives des divers composants ; c'est en développant ces énergies que les agents extrinsèques provoquent, au sein du composé, l'éclosion de tous les facteurs qui ont concouru à sa constitution.

Ce premier essai d'explication, pour être correct, n'en est pas moins incomplet.

161. Deuxième opinion. — D'autres auteurs, notamment Albert le Grand [1]), recourent à une hypothèse plus hardie.

La combinaison chimique, dit-il, n'a pas pour effet de dépouiller les corps élémentaires de leurs formes essentielles ; elle les réunit au contraire, les unifie sous une forme substantielle nouvelle, propre au composé. Chaque élément apporte donc à la synthèse toute la réalité de son principe spécifique. Mais, à raison des altérations profondes subies avant l'union définitive, ces formes élémentaires amoindries sont devenues incapables de jouer leur rôle naturel, qui consiste à donner aux corps leur être, leur espèce.

Cette insuffisance est suppléée par la forme nouvelle du composé, qui, par sa supériorité, domine, pénètre et unifie toutes les déterminations essentielles antérieures.

[1]) Albertus Magnus, *De coelo et mundo,* Lib. 3, tract. 2.—Cfr. Cl. Pesch, *Instit. phil. nat.*, vol. I, Lib. II, disput. 1, sect 3, § 4. Friburgi Brisgoviae, Herder, 1897.

Dans le composé ainsi constitué, les générateurs se trouvent largement représentés. Au point de vue substantiel, si leur influence respective est amoindrie, ils conservent au moins leur réalité. Et au point de vue accidentel, chacun d'eux, quoique réduit à l'état de partie intégrante, possède un ensemble de propriétés tempérées, en harmonie avec les conditions d'une existence commune.

162. **Critique**. — La possibilité physique de la mise en liberté des éléments se comprend assez facilement dans cette hypothèse. Puisqu'ils sont si rapprochés de leur état naturel, un simple accroissement de forces fourni de l'extérieur ne leur rendra-t-il pas tout ce que requiert une existence isolée et indépendante ?

Par contre, que devient l'unité du composé chimique ?

Au lieu de concilier les deux faits : l'unité de la synthèse et une certaine persistance de ses éléments générateurs, on sacrifie le premier au second. Les formes élémentaires, dit-on, persévèrent dans le composé, sans y exercer leur fonction naturelle. Est-ce bien intelligible ? Ne leur ôte-t-on pas ce qu'il est de leur essence de posséder ? Une forme essentielle, en effet, n'agit pas à la manière d'une cause efficiente. Toute sa causalité consiste à se communiquer à la matière, à lui donner ce qu'elle est ; et la matière, en la recevant, devient, avec elle et par elle, une substance, une nature complète. Dès lors, la priver de son rôle, revient à lui enlever du même coup toute sa réalité.

Pour expliquer cette déchéance des formes élémentaires, d'aucuns les supposent atténuées ou amoindries. N'est-ce pas les assimiler aux qualités accidentelles, ou poser un intermédiaire entre les unes et les autres ? Deux hypothèses également fausses [1]).

Si ces formes conservent leur réalité, tous les éléments

[1]) S. Thomas, Opusc. *De mixtione elementorum.*

conserveront aussi leur être substantiel, et le composé ne sera plus qu'un agrégat ou, pour employer le langage moderne, un édifice moléculaire.

Cette opinion, qui compte d'ailleurs peu de partisans, n'évite un écueil que pour se heurter à un écueil plus dangereux encore, la négation de l'unité essentielle du mixte inorganique [1]).

163. **Troisième opinion.** — Plusieurs scolastiques postérieurs à saint Thomas, et en général la plupart des scolastiques modernes, voulant avant tout sauvegarder l'unité de l'être, attribuent aux éléments renfermés dans le composé une simple *persistance virtuelle*.

Précisons d'abord ce terme élastique.

Selon cette opinion, le composé chimique jouit d'une parfaite homogénéité. Il contient toutes les bases matérielles de ses générateurs, fondues en une unité supérieure par un seul principe spécifique ; et cette forme unique qui fut substituée aux formes antérieures, est virtuellement multiple, en ce sens qu'elle tient la place de plusieurs formes essentielles. De ce chef, dans la substance même du composé et malgré son homogénéité essentielle, les composants retrouvent une part active de leur intervention.

Il y a plus : les qualités mêmes de l'être nouveau rappellent les propriétés atténuées des corps simples qui l'ont formé, car ces propriétés constituent une sorte d'intermédiaire entre les qualités des éléments constitutifs. En d'autres termes, elles sont l'expression renouvelée de cette résultante de forces, de ces qualités équilibrées qui ont immédiatement précédé la constitution définitive du composé. Prenez deux forces de même genre, par exemple, deux forces calorifiques ;

[1]) Cette opinion a été reprise et défendue par plusieurs philosophes modernes. Nous la discuterons plus tard, ex professo, dans le chapitre où nous examinerons quelles sont, au sujet du mixte, les différentes conceptions scolastiques actuelles.

supposez-les d'intensité différente. En déprimant l'une au profit de l'autre, vous arriverez à une qualité d'énergie moyenne qui pourra, dans une certaine mesure, les remplacer toutes les deux.

A l'instar des corps simples, le composé possède donc *une* force électrique, *une* force luminique, *une* force calorifique, etc. Mais chacune de ces forces est *virtuellement* multiple, puisqu'elle est un moyen terme entre les forces analogues des éléments qu'elle représente.

Enfin, chaque qualité se trouve répandue dans la masse entière du corps en gardant partout la même intensité. L'homogénéité du composé est ainsi parfaite, tant au point de vue accidentel qu'au point de vue substantiel.

Telle est, dans ses idées fondamentales, l'interprétation communément admise, et attribuée d'ordinaire à saint Thomas d'Aquin.

164. Critique. 1° Cette interprétation résout-elle le problème soulevé ? — Le premier et le plus grave reproche que nous ayons à lui faire, c'est de supprimer dans le composé chimique toute cause physique d'une décomposition régulière ayant pour résultat la mise en liberté des éléments constitutifs.

Pour jeter un peu de lumière sur cette question si obscure, prenons un exemple où il est facile de suivre le jeu des activités qui interviennent dans le phénomène de la décomposition.

Sous l'influence de la chaleur, l'eau peut subir une décomposition complète ; à 2000°, l'hydrogène et l'oxygène reprennent leur état naturel.

Représentons-nous une molécule d'eau, c'est-à-dire, l'individu chimique, soumis à l'action de la chaleur, et suivons les phases du phénomène dont il est le théâtre.

Cette petite masse, dit-on, est homogène dans toutes ses parties quantitatives. Homogène aussi est sa puissance calo-

rifique passive que la chaleur communiquée doit actuer et développer. L'absorption du calorique se fait donc avec une égale intensité dans toutes les parties de ce composé. En effet, la chaleur fournie de l'extérieur est une, et son action n'est ni capricieuse, ni élective. Elle doit par conséquent élever la température de la molécule entière d'un même nombre de degrés, produire partout en elle le même effet, à moins qu'il n'y ait, dans le corps même, une cause de différenciation.

Or, cette cause fait ici défaut, car la substance et sa puissance réceptive sont absolument homogènes dans toutes leurs parties intégrantes.

De plus en plus impressionnée par l'action de la chaleur, la puissance passive continue de se développer ; et quand elle arrive à sa limite extrême, elle nécessite la disparition de la forme essentielle de l'eau, en vertu de la loi naturelle qui exige une proportion déterminée entre la nature d'un être et ses propriétés.

La forme disparaît donc. Jusqu'ici point de difficulté. Mais pourquoi faut-il qu'à cette forme détruite, succèdent *deux* formes substantielles nouvelles, spécifiquement distinctes l'une de l'autre, celles de l'hydrogène et de l'oxygène ? Il n'existe de ce fait aucune cause physique ; au contraire, il en est une qui le rend impossible.

D'après un principe universellement admis et fondé sur une expérience constante, une forme substantielle ne peut naître que dans une matière prédisposée : « *Forma autem non est in materia nisi sit disposita et propria* » [1]).

Cette prédisposition, nous l'avons dit, consiste dans la réalisation d'un ensemble de qualités, incompatibles avec la forme antérieure et exigitives de la forme nouvelle. La cosmologie scolastique attache à ce principe une souveraine importance, parce qu'il nous montre le caractère naturel des transformations de la matière et rend compte de cet adage :

[1]) S. Thomas, Opusc. *De pluralitate formarum.*

« *natura non facit saltus* ». Par lui aussi s'explique la simultanéité des deux phénomènes : la disparition d'une forme et la naissance d'une autre dans le même sujet matériel.

Conformément à cette loi de la nature, deux formes essentielles, spécifiquement distinctes l'une de l'autre, peuvent se substituer à la forme de l'eau, mais à la seule condition que la chaleur communiquée réalise dans la molécule deux prédispositions différentes, deux appropriations de la matière. Or, n'est-il pas évident que l'homogénéité absolue du composé, à la fois substantielle et accidentelle, s'oppose à cette dualité d'appropriation ?

Le corps recevra donc une prédisposition unique et la même pour tout son être ; il n'y aura de place en lui que pour une seule forme essentielle nouvelle.

Parmi les causes de la décomposition, nous avons choisi la chaleur. Tout ce qui a été dit des effets produits par cette propriété sur le composé chimique, s'applique au même titre à la lumière, à l'électricité et à l'affinité.

165. **Objection.** — Un point cependant reste obscur :

Bien qu'homogène dans toute la masse de la molécule, chacune des puissances actives et passives est virtuellement multiple. Or, cette qualité représentative de plusieurs éléments ne peut elle pas, à raison même de son rôle, différencier l'influence communiquée de l'extérieur et amener ainsi des dispositions proportionnées aux formes diverses à réaliser ?

On l'entend, l'échappatoire est un simple recours à la persistance virtuelle, au fameux « *virtute manent* ».

Essayons de dissiper l'équivoque qui a fait la fortune de cette expression.

Les qualités du composé, dit-on, sont représentatives des énergies de plusieurs éléments. Eh bien ! choisissons l'une de ces qualités, par exemple, l'aptitude réelle et intrinsèque des corps à subir l'action de la lumière, et à se revêtir d'une

couleur déterminée. La lumière, on le sait, est une des causes physiques de la décomposition chimique.

Cette propriété du corps, envisagée au point de vue *réel* et *concret,* est-elle simple ou composée ; y a-t-il en elle une ou plusieurs aptitudes réelles? Tous répondent : Elle est *réellement* simple. Comment concevoir alors qu'une puissance passive, ontologiquement une, reçoive en même temps, d'une même cause, deux actuations différentes ? Comment peut-elle évoluer en deux sens divers, tout en conservant son unité ?

D'évidence, une double évolution *réelle* requiert non seulement une dualité virtuelle *nominale* de puissances réceptives, mais une dualité *effective,* c'est-à-dire une pluralité *réelle.*

Loin de nous la pensée de condamner le terme « virtuelle », il est au contraire heureusement choisi pour qualifier la puissance d'agir ; gardons-nous au moins de conserver le mot après avoir supprimé la réalité ontologique qui lui correspond.

Bien plus ; chacune des puissances *virtuellement* multiples du composé fût-elle douée du pouvoir étrange de modifier en deux sens différents, et même opposés, l'action reçue d'un agent externe, la décomposition de l'eau en ses deux éléments constitutifs, hydrogène et oxygène, serait encore physiquement impossible.

Reprenons l'exemple choisi. Par hypothèse, la force calorifique du composé représente les forces calorifiques de deux éléments. Stimulée par la chaleur communiquée, elle se développe simultanément de deux manières différentes et prédispose la matière à la réception de deux formes essentielles.

Où se trouvent ces deux adaptations du sujet aux formes nouvelles ?

Il est clair que chacune d'elles affecte la masse entière du composé. En effet, la puissance virtuellement double est répandue *uniformément* dans toutes les parties quantitatives de la molécule d'eau. La double modification qui lui est imprimée, a donc la même extension que son sujet, et le corps *entier* se trouve en même temps prédisposé à *deux*

informations spécifiques. Conséquence inadmissible à un double titre.

D'abord, comme le dit saint Thomas, chaque forme essentielle exige que son sujet lui soit approprié. Or, s'il est investi de deux dispositions contraires, il perd cette appropriation pour revêtir une susceptivité commune : « Si enim dispositio unius staret cum dispositione alterius, jam esset communis dispositio, et nullius propria. Forma autem non est in materia nisi sit disposita et *propria* » [1]).

En second lieu, chacune des deux formes essentielles devrait s'emparer de toute la matière du composé, ce qui contredit aussi bien l'expérience que les principes fondamentaux du thomisme : 18 grammes d'eau fournissent toujours 2 grammes d'hydrogène et 16 grammes d'oxygène.

En fait, dans l'hypothèse où toute la matière de la molécule d'eau revêt les dispositions exigitives de la forme de l'hydrogène, on ne conçoit point pourquoi cette forme étendrait uniquement son empire sur la neuvième partie de la molécule, c'est-à-dire sur deux grammes seulement ? La forme ne se limite pas elle-même ; elle reçoit sa limitation du sujet récepteur [2]).

Pour toutes ces raisons, la théorie de la permanence virtuelle des éléments, telle qu'on l'entend d'ordinaire, nous paraît d'une insuffisance manifeste.

166. Cette interprétation peut-elle se réclamer du patronage de saint Thomas ? — Certains textes, empruntés aux écrits de saint Thomas, semblent se prêter à cette interprétation commune. Pour en comprendre la portée exacte, il importe de distinguer les deux aspects de la question qui nous occupe.

D'une part, il s'agit de rendre compte de l'unité du composé chimique.

[1]) S. Thomas, *De pluralitate formarum*, P. I.
[2]) Id., *De principio individuationis*.

De ce point de vue, le philosophe médiéval se plaît à relever cette atténuation commune, cette harmonie des puissances qui rend possible l'unification substantielle de tous les composants. Ainsi, sans se préoccuper davantage de l'analyse intime du composé, il nous dit dans son opuscule *De mixtione elementorum* : « Les propriétés contraires des éléments peuvent être réduites à une qualité moyenne qui devient la prédisposition requise par la forme nouvelle du mixte » [1]).

A s'en tenir à ce texte et à d'autres analogues, il semblerait que toutes les puissances élémentaires de même nom finissent par se fusionner, au terme des altérations, en une puissance unique qui serait reproduite fidèlement dans le corps nouveau : c'est la théorie de la permanence virtuelle mentionnée plus haut.

Cependant, ici même le célèbre penseur se garde bien d'attribuer une unité proprement dite à la résultante des altérations qui précèdent la constitution du composé. Le terme *quaedam qualitas* laisse à sa pensée une certaine latitude. D'ailleurs, si chacune des substances réagissantes conserve son individualité propre jusqu'au moment de la transformation, comment pourrait-il se former une qualité vraiment une, et à la fois commune à deux êtres réellement distincts ?

En réalité, les puissances de même nom ne deviennent *unes* qu'au sens large du mot, c'est-à dire qu'elles perdent leurs traits distinctifs, et méritent de ce chef une appellation commune.

D'autre part, tout en sauvegardant l'unité de l'être, il fallait aussi rendre compte de sa décomposition régulière et du retour assuré des éléments à l'état de liberté.

[1]) S. Thomas, Opusc. *De mixtione elementorum*. « Sic remissis excellentiis qualitatum elementarium, constituitur ex eis quaedam qualitas media quae est propria qualitas corporis mixti, differens tamen in diversis secundum diversam mixtionis proportionem : et haec quidem qualitas est propria dispositio ad formam corporis mixti. »

Une fois préoccupé de cette idée, saint Thomas tient un tout autre langage.

Citons certains textes qui lèvent tout doute au sujet de sa pensée.

« Dans le mixte, dit-il, se retrouve la virtualité des formes élémentaires, et cette virtualité tend à agir. Aussi le composé possède le pouvoir de faire renaître ses composants. Lorsque la virtualité de l'un ou de l'autre élément constitutif vient à dominer, l'harmonie des puissances, indispensable au maintien de l'unité substantielle, se brise, et les matières élémentaires reprennent leur être individuel. Lors de la formation du composé, les corps simples ne sont donc pas réduits à l'état de matière première, sinon, contrairement aux faits, les puissances des éléments ne persisteraient pas dans l'être nouveau » [1]).

Or, pour que cette lutte intestine, cet antagonisme entre les forces élémentaires puisse se produire au sein du composé, il faut de toute nécessité que ces puissances y soient réellement conservées, car une force ne saurait se combattre elle-même.

Ailleurs il nous dit : « Il existe dans toute synthèse chimique des qualités contraires, comme il existe des éléments contraires dans le monde. Et de même que l'influence du soleil empêche parfois les transformations essentielles des éléments, ainsi la forme substantielle prévient la dissolution du composé chimique en maintenant l'harmonie entre les qualités contraires qui se trouvent en lui, et qui tendent à s'altérer mutuellement » [2]).

[1]) S. Thomas, *De natura materiae*, c. 8 : De quatuor oppositis. « A parte namque ipsius mixtionis sunt termini, quibus transitis, fit continuo elementum simplex cujus virtus dominabatur in mixto supra alia elementa... Ex quo patet quod virtus formae elementaris dominantis in mixto habet non solum solvere mixtum et inducere propriam formam talis elementi, sed transmutare mixtum de una proportione in aliam. »

[2]) S. Thomas, *De malo*, q. 5, a. 5, ad 6um.

Ici de nouveau, il serait difficile de mettre mieux en lumière l'existence, dans le composé chimique, des qualités propres aux éléments constitutifs. Réduisez toutes les puissances élémentaires de même nom à une seule puissance virtuellement multiple, ce texte devient inintelligible.

Ce passage de la *Somme théologique* n'est pas moins explicite : « Manent *qualitates propriae* elementorum, écrit saint Thomas, licet remisse, in quibus est virtus formarum elementarium. Et hujusmodi qualitas mixtionis est propria dispositio ad formam substantialem corporis mixti » [1]).

Ce texte est précieux. Non seulement il affirme la présence actuelle des qualités élémentaires dans le composé, mais il nous montre à la fois en quel sens il faut entendre cette résultante de forces, cette *qualitas media* qui semblait justifier l'opinion réfutée plus haut.

Les propriétés mêmes des éléments, dit-il, sont renouvelées dans le mixte ; seulement elles y sont atténuées ; et c'est par ces qualités que se trouvent représentées les énergies respectives des formes élémentaires disparues. Ainsi réduites à un certain degré d'atténuation, elles constituent la résultante ou l'adaptation de la matière à la forme essentielle du composé.

La qualité moyenne dont il est question, ne jouit donc pas d'une unité proprement dite ; elle est au contraire, comme le dit saint Thomas, un ensemble de qualités tempérées, harmonisées, compatibles enfin avec l'unité essentielle du corps inorganique [2]).

[1]) *Summ. Theol.*, P. I, q. 76, a. 1, ad 4um. — Cfr. *De anima*, q. 1, a. 9, ad 1um. « Nec dicendum est, quod totaliter corrumpantur : sed quod maneant virtute, ut Aristoteles dicit ; et hoc inquantum manent *accidentia propria* elementorum secundum aliquem modum, in quibus manet virtus elementorum. »

[2]) Cette théorie qui nous fut uniquement suggérée par l'étude des faits, n'a pas été, disons-nous, inconnue de saint Thomas. Les nombreux textes que nous venons de citer et d'analyser semblent prouver péremptoirement que le Docteur médiéval en avait conçu tout au moins l'idée-mère.

M. le chanoine Laminne doute de la justesse de notre opinion, et s'ap-

167. Quatrième opinion. — Dans un article paru en 1904 [1]), le R. P. Gredt s'est fait le défenseur d'une opinion qu'il attribue à plusieurs philosophes de marque, notamment à Cajetan, Jean de saint Thomas et à l'école de Complut.

Pour s'en faire une juste idée, il importe de la rapprocher de la doctrine que nous venons d'exposer.

puie, pour en contester le bien fondé, sur un passage du *De mixtione elementorum :* « Si dans le mixte, dit saint Thomas, les formes substantielles des éléments sont conservées..., il faudra que les différentes parties de la matière, étant le sujet de différentes formes, aient la nature de différents corps... Il suit de là que les quatre éléments ne se trouvent pas dans chaque partie du corps composé, et ainsi on n'aura pas une vraie mixtion, mais seulement selon l'apparence. » LAMINNE, *Les quatre éléments, le feu, l'air, l'eau et la terre,* p. 177, Bruxelles, Hayez, 1904.

Ce texte de saint Thomas n'est pas pour ébranler nos convictions. Il cadre même si bien avec nos idées que, du point de vue où s'est placé son auteur, il nous serait impossible d'employer un autre langage.

Dans la première partie de l'opuscule mentionné, saint Thomas rappelle l'opinion des philosophes qui admettent la permanence des formes élémentaires dans le composé chimique, et se demande si pareille hypothèse est acceptable. Non, répond-il, car plusieurs formes essentielles ne peuvent actuer la matière sans déterminer une pluralité de corps, ou même d'espèces. Or, dans le véritable mixte, les éléments perdent leur nature propre au profit d'une nature nouvelle réellement homogène.

D'évidence, il s'agit ici, pour saint Thomas, de l'homogénéité *essentielle* déterminée par une forme unique, ou, si l'on veut, de l'unité substantielle. C'est elle, et elle seule, qu'il oppose à l'hypothèse pluraliste. Il n'avait donc pas à se préoccuper de l'hétérogénéité *accidentelle* ou du mode de répartition des propriétés dans les divers départements du mixte. Il ne devait même pas traiter la question de savoir si les propriétés élémentaires étaient fidèlement reproduites dans le composé, car cette question était étrangère au problème soulevé. En affirmant que les quatre éléments se retrouvent dans toutes les parties du composé, saint Thomas proclame donc avant tout l'unité d'être et de nature du corps issu de leur combinaison.

Or, pour nous comme pour lui, la forme du mixte est une : elle ne représente aucun des quatre éléments à l'exclusion des autres, mais elle en est, malgré son unité, le substitut réel, si bien, qu'au point de vue de l'essence,

[1]) P. J. GREDT, *Gleichartigkeit und Ungleichartigkeit der Teile in der belebten und unbelebten Substanz und die Wiederkehr der Elemente in der chemischen Auflösung,* publié par le *Jahrbuch für Philosophie und spekulative Theologie,* XIX, 4. Heft, 1904.

Selon bon nombre de scolastiques, le composé chimique est substantiellement un, et les propriétés des éléments qui le constituent n'y conservent qu'une existence *virtuelle*. En d'autres termes, toutes les propriétés congénères, par exemple, toutes les forces calorifiques des éléments générateurs se trouvent représentées dans le mixte par une seule force calorifique qui est en quelque sorte la moyenne des énergies thermiques disparues.

Pour le R. P. Gredt et les philosophes dont il revendique le patronage, le composé possède une véritable unité substantielle, mais les propriétés des éléments y jouissent d'une persistance *formelle*. Expliquons-nous.

La combinaison chimique, dit-il, tend essentiellement à réaliser un état d'équilibre entre des éléments hétérogènes. Elle ne peut unir les masses réactionnelles et les fondre en une substance nouvelle qu'à la condition de niveler les propriétés contraires, de les réduire à une commune mesure, et d'établir ainsi, au point de vue qualitatif, une homogénéité

elle tient dans toutes les parties de l'être la place des principes élémentaires disparus.

D'ailleurs, il ressort clairement de la structure de l'opuscule que, dans ce travail, le Philosophe médiéval a pour but primordial d'établir l'unité essentielle du composé, la réduction de tous les composants à un état substantiel commun déterminé par un seul principe spécifique.

En effet, dans les deux premières parties, il combat deux hypothèses antagonistes, l'une qui se prononce pour le maintien intégral des formes élémentaires, l'autre qui leur accorde une persistance réelle mais amoindrie.

Dans la troisième partie, il émet son opinion personnelle : le mixte est un et ne possède qu'une seule forme essentielle. L'existence de cette forme unique est rendue possible par la réduction à une sorte de commune mesure de toutes les propriétés distinctives des composants. Les éléments n'ont cependant pas complètement disparu ; ils se survivent dans la résultante de propriétés réalisée par la combinaison et intégralement reproduite dans l'être nouveau.

Depuis que cette critique a paru, M. Laminne a tenté de justifier son opinion dans un article publié par la *Revue Néo-Scolastique*, pp. 324-330, 1906. On trouvera la réponse aux nouvelles difficultés qui nous furent alors proposées, dans la même *Revue*, pp. 331-337, 1906.

parfaite dans toutes les masses atomiques qui prennent part à l'action.

Or, comment ce travail de dégradation et de nivellement des propriétés contraires peut-il s'effectuer ? Un exemple nous le fera comprendre.

Prenons une combinaison très simple, le sel de cuisine NaCl.

Les deux éléments constitutifs, le sodium et le chlore, possèdent une force chimique de grande intensité Représentons par 100 le degré de cette énergie. Que se passe-t-il lorsque ces corps élémentaires, cédant à leurs affinités mutuelles, entrent en lutte ?

Le chlore tend à communiquer à son antagoniste son énergie spécifique. S'il lui en communique successivement 1, 2, 3, 4 degrés, en vertu même de l'opposition de caractères qui distingue ces corps simples, le sodium verra diminuer sa force chimique naturelle dans la mesure où il s'enrichit de l'énergie que lui fournit le chlore. Sa force, qui était originellement de 100, descendra donc peu à peu à 99, 98, 97, 96.

D'autre part, il est clair que le même processus se réalise dans le chlore, car il n'y a point d'action qui ne provoque une réaction égale et contraire. Sous l'influence du sodium, le chlore perd donc autant de degrés de ses propriétés spécifiques qu'il en reçoit de son antagoniste.

Quand donc cesse l'action ?

Lorsque les deux éléments sont devenus parfaitement semblables, c'est-à-dire lorsque leurs propriétés se trouvent répandues, avec la même intensité, sur toutes les masses atomiques. Alors seulement se produit l'état d'équilibre parfait qui conditionne la fusion des éléments en l'être unique du composé.

Si l'on tient compte du processus chimique des combinaisons, on comprend sans peine que les propriétés spécifiques des éléments persistent dans le mixte inorganique, non point à l'état *virtuel,* mais à l'état *formel.* Toutes en effet y réappa-

raissent, et l'unique différence à signaler entre les propriétés de l'élément libre et celles qui le représentent dans le composé consiste en ce que ces propriétés se trouvent répandues d'une manière homogène sur toute la masse du corps nouveau. Leur substrat d'inhérence s'est élargi, et cela d'autant plus que les masses atomiques fondues dans l'être substantiel du composé sont plus nombreuses. De ce chef, elles ont subi une atténuation proportionnelle à leur champ d'extension, mais elles conservent leur être intégral.

D'autre part, comme leur intensité est partout la même, le composé est homogène au double point de vue substantiel et accidentel.

Quelles sont les raisons justificatives de cette opinion ?

Elles sont, d'après l'auteur, au nombre de deux.

La première est tirée de la nature même de la combinaison chimique.

Tous les hommes de science, dit-il, en conviennent, la combinaison aboutit fatalement à un état d'équilibre parfait. Or l'équilibre ne peut s'établir entre des propriétés contraires que si chacune d'elles se déprime en devenant semblable à son antagoniste, ce qui amène de toute nécessité l'expansion homogène de ces propriétés sur toute la masse du composé.

La seconde raison se trouve dans les conditions de la genèse des formes substantielles. Toute forme naît dans une matière prédisposée. Si la forme nouvelle est une, il faut que l'état qualitatif ou les déterminations accidentelles du sujet destiné à la recevoir, soient uniformes, c'est-à-dire réellement homogènes.

168. **Critique.** — Que dire de cette hypothèse ?

A notre avis, elle s'appuie sur des principes condamnés par l'expérience et prête le flanc à toutes les critiques que nous avons soulevées contre l'opinion précédente.

1° Dans une combinaison chimique, dit-on, les propriétés contraires doivent être réduites à un même degré d'intensité,

et se répandre d'une manière homogène sur l'être entier du composé. Or, rien n'est moins conforme au langage des faits. Lorsque plusieurs éléments se combinent, leurs forces opposées s'équilibrent, il est vrai, dans la mesure où elles sont actives, mais il ne suit nullement que ces forces deviennent, au terme de l'action, parfaitement équivalentes sous le rapport de leur intensité native. Il suffit, en effet, pour s'en convaincre, d'examiner les combinaisons réalisées par le potassium et certains corps négatifs, tels le chlore, le brome, l'iode et le soufre. Ces composés donnent lieu à des phénomènes thermiques intenses qui sont respectivement pour KCl 105 calories, K_2S 102,3, KBr 100, KIo 85,4.

Or la différence que l'on constate entre ces divers phénomènes thermiques prouve, avec toutes les clartés de l'évidence, que dans son sulfure, bromure et iodure, le potassium n'a dépensé qu'une partie de son énergie potentielle, puisque ces pertes de chaleur sont inférieures à celle qui accompagne la formation du chlorure de potassium, à savoir 105 calories. Cette réserve d'énergie qui ne peut se répandre sur les corps antagonistes, doit rester la propriété exclusive du sodium jusqu'au moment où se constitue le composé nouveau.

Sans doute, il peut se faire qu'au terme de l'action le potassium possède une partie des propriétés du chlore, du brome, de l'iode ou du soufre, absolument équivalente à celle que lui-même a communiquée à ces mêmes éléments ; mais outre ces parties échangées qui sont le résultat immédiat de l'action chimique, il reste dans chacune des substances en conflit une quantité d'énergie potentielle, non utilisée, qui diffère d'une substance à l'autre. Car, redisons-le, l'équilibre dont il s'agit ne se produit qu'entre les quantités de force disponibles au moment de la combinaison, et cet équilibre ne supprime point la différence réelle et parfois considérable des énergies en réserve. La raison en est que l'intensité des actions chimiques dépend essentiellement des affinités, lesquelles sont toujours relatives. D'après les divers éléments

auxquels il se combine, un même corps simple, tel le potassium, met en œuvre des quantités diverses de son énergie native, en sorte que tantôt il semble réduit à un état d'épuisement complet, tantôt, au contraire, il conserve au sein de l'union nouvelle une persistance virtuelle plus ou moins voisine de son état de liberté. Le nivellement complet, dont parle l'auteur, est donc physiquement impossible.

D'ailleurs, la classification des corps simples, soit positifs, soit négatifs, n'a t-elle pas pour base principale la diversité des affinités chimiques ou plutôt l'inégale intensité des énergies potentielles ?

Or ces réserves de force, propres à chaque substance, doivent, si elles ne sont pas utilisées au cours de la combinaison, se transmettre intégralement au composé nouveau, et cela avec la totalité de leurs caractères différentiels. Sinon, la somme globale et invariable des énergies de l'univers varierait sans cesse.

Contrairement à l'opinion de l'auteur, l'expérience nous contraint donc d'admettre que dans aucun cas la combinaison chimique ne fait disparaître toutes les dissemblances des éléments hétérogènes et que l'homogénéité accidentelle des masses réagissantes est un idéal irréalisable.

2° Le second principe invoqué par le R. P. Gredt est la dépendance de la forme substantielle à l'égard des prédispositions de la matière. Toute forme vraiment une, dit-il, présuppose l'homogénéité parfaite de son sujet récepteur.

Il serait d'abord intéressant de savoir sur quels faits s'appuie ce principe nouveau.

Quoi qu'il en soit, on se demande, et avec raison, comment concilier pareil principe avec l'évidente hétérogénéité qui caractérise l'être vivant, notamment la plante.

Le végétal est certes doué d'unité essentielle ; un seul principe de vie en règle toutes les activités. Que de tissus divers

et irréductibles les uns aux autres le biologiste et le chimiste n'y découvrent-ils pas ?

L'auteur, il est vrai, a prévu l'objection. Dans cette sorte de composés, dit-il, l'hétérogénéité n'est plus incompatible avec l'unité de forme, parce que des forces spéciales dominent les parties dissemblables et y réalisent une prédisposition homogène, supérieure qui adapte le sujet récepteur au nouveau principe de vie.

Ces énergies supérieures sont les forces vitales de croissance et de nutrition. Étendues sur tout l'organisme, elles perfectionnent les formes chimiques et physiques de la matière, en dirigent toutes les activités et les font concourir à la construction des tissus, au développement et à la conservation de l'être. La diversité des forces communes de la matière et des parties où elles s'exercent se trouve ainsi supplantée par l'homogénéité des forces vitales.

Cette interprétation est certes ingénieuse, mais elle a le grand tort d'introduire dans le processus vital de la plante un facteur absolument inutile. Il y a longtemps déjà, et pour cause, que cette prétendue force supérieure a été bannie du domaine scientifique. Parcourez en effet toutes les fonctions de la plante, vous n'en trouverez aucune qui ne soit rapportable aux forces chimiques, physiques et mécaniques de la matière. Sans doute, l'expérience le prouve, ces activités si nombreuses dont l'organisme est le siège, concourent harmonieusement au bien de l'être vivant. Mais cette convergence même, qu'est-elle sinon l'effet immédiat de la finalité immanente, essentielle à toute substance vivante ? Parce que vivant, l'être est substantiellement orienté vers lui-même, et les puissances naturelles qui en émanent suivent d'elles-mêmes cette orientation foncière [1]).

[1]) Dans un article intitulé : *Homogénéité ou hétérogénéité du mixte,* paru dans la *Revue Néo-Scolastique,* pp. 393-402, 1907, le R. P. Gredt nous a présenté de nouvelles observations au sujet de son opinion. Nous y avons répondu dans un article publié par la même *Revue,* pp. 231-249, 1908.

L'immanence des activités étant l'unique propriété qui distingue la plante du corps inorganique, l'hypothèse d'une force vitale destinée à surélever les forces communes de la matière et à en régler le jeu, devient une hypothèse gratuite, inventée pour les besoins de la cause. Or cette conclusion scientifique est la négation même du principe qui subordonne l'unité de la forme substantielle à l'homogénéité du sujet récepteur.

3° Enfin, malgré l'homogénéité parfaite qu'il revendique pour le composé minéral, l'auteur croit cependant pouvoir rendre compte du retour des éléments à l'état de liberté.

Deux causes, dit-il, expliquent la possibilité de cette reviviscence.

D'abord, la nature même de la forme substantielle du composé. Pareille forme en effet est le substitut des formes élémentaires disparues, et à raison même de son origine et de son rôle, on comprend que les diverses parties du corps qu'elle informe reçoivent d'une manière différente l'influence d'une même cause externe.

En second lieu, bien qu'homogène dans toute sa masse, le composé contient cependant les propriétés contraires de ses générateurs ; en cela réside une cause nouvelle qui, sous l'action d'une force étrangère, peut faire revivre dans les divers départements de la molécule les dispositions exigitives des formes supplantées.

Qu'arrive-t-il, dit l'auteur, lorsque la chaleur, par exemple, agit sur le sel de cuisine NaCl ?

L'échauffement progressif met en relief dans une partie de la molécule la nature du chlore, et dans une autre, celle du sodium. Mais là où les caractères du chlore s'accentuent, ceux du sodium se dépriment et vice versa, car ces propriétés sont contraires les unes aux autres.

Supposons en effet que l'intensité des forces opposées, actuellement en équilibre dans un composé, soit de 40 degrés.

Au début de la décomposition, la nature du chlore stimulée par la chaleur s'enrichit et atteint 41 degrés ; mais dans ce même département de la molécule, celle du sodium s'efface lentement et descend à 39°. Dans une autre partie, le phénomène inverse se produit au profit du sodium. Si l'action chimique continue, un moment arrive où le sodium et le chlore reconquièrent dans leur département respectif la totalité de leur énergie native : les deux corps reprennent leur état de liberté.

Les raisons invoquées par l'auteur sont-elles suffisantes ? Tel n'est pas notre avis.

D'abord, la nature de la forme du composé, le R. P. d'ailleurs le reconnaît, n'est qu'une cause éloignée, et partant insuffisante par elle-même à justifier la décomposition régulière des composés chimiques.

En fait, la forme vraiment une détermine l'homogénéité substantielle de toutes les parties intégrantes de l'être. Or, il est impossible qu'un sujet récepteur réellement identique dans toute son extension puisse différencier l'action qu'il reçoit. En d'autres termes, un même effet doit être reçu de la même manière dans pareil composé, si des puissances passives distinctes l'une de l'autre n'en modifient l'empreinte.

Mais la seconde cause ne résout point davantage la difficulté soulevée.

Les propriétés contraires des divers éléments se retrouvent, dit-on, dans le composé. D'accord ; mais comment s'y trouvent-elles ? Là est toute la question. Chacune d'elles, ajoute-t-on, affecte, et avec la même intensité, toute la masse du corps nouveau. Dans le sel de cuisine par exemple, NaCl, la diffusion des caractères du chlore est homogène, comme aussi celle des caractères du sodium.

Pourquoi donc la chaleur communiquée à ce composé vient-elle raviver dans une partie seulement, au détriment du sodium, les traits distinctifs du chlore, et dans une autre partie les propriétés du sodium au préjudice du chlore ? Nous

n'apercevons de ce fait aucune raison objective. Si la propriété d'un élément est mise en relief, pourquoi ne l'est-elle pas partout où elle se trouve, et de la même manière ? Dans ce cas, l'une ou l'autre des natures élémentaires virtuellement existantes dans le composé devrait disparaître au profit de sa rivale, et il n'y aurait de place que pour une seule forme essentielle nouvelle. Il serait même intéressant de savoir quelle cause objective peut décider la chaleur communiquée à raviver l'une des natures de préférence à l'autre, puisque toutes les deux se prêtent avec une égale docilité à l'action de cette force.

En résumé, l'opinion du R. P. Gredt se réclame de principes que l'expérience condamne, et compromet la dissolution régulière des composés chimiques en leur accordant, outre l'unité essentielle, l'homogénéité accidentelle.

169. Cinquième opinion ou vraie pensée thomiste. — De cette étude et des écrits du philosophe médiéval, se dégage une conclusion qui fournit la véritable solution du problème : la permanence virtuelle des éléments dans le composé chimique, et partant la possibilité physique de les faire renaitre, tiennent à deux causes.

La première, ou la cause *éloignée,* réside dans la nature même de la forme essentielle du composé ; elle est le substitut naturel des formes élémentaires dont elle contient, malgré son unité, les énergies foncières.

La raison *immédiate* de cette permanence est la reproduction intégrale dans l'être nouveau des propriétés réelles, mais atténuées, des composants. Au sein même de la synthèse, chacun des corps simples constitutifs est représenté par un ensemble de propriétés analogues à celles dont il était revêtu au moment de la combinaison.

Tel est le sens vrai du « *virtute manent* » si souvent employé dans les œuvres d'Aristote et de saint Thomas.

En second lieu, il est même indispensable, pour l'explica-

tion des faits, d'attribuer à chaque groupe de propriétés représentatives des éléments, une place déterminée dans la masse du composé [1]).

Ainsi, la molécule du sel de cuisine (chlorure de sodium) est un corps réellement un, doué d'une seule forme essentielle; mais elle contient deux parties, dont l'une représente spécialement le chlore et l'autre le sodium. Ces parties correspondent aux deux quantités de matière fournies au composé par les deux générateurs, en sorte que dans chacune d'elles, un ensemble de propriétés atténuées rappelle l'élément dont elles proviennent.

Les considérations émises plus haut prouvent la nécessité de cette localisation. Qu'il nous suffise de résumer celles qui visent spécialement le point en litige.

Une forme essentielle ne se limite pas elle-même, et la cause qui la fait naître ne peut lui fixer des bornes qu'avec le concours du sujet appelé à la recevoir. « L'acte, dit saint Thomas, se mesure sur la puissance qu'il détermine. » Si donc les propriétés de chaque élément se dispersaient sur toute la masse du composé, le corps tout entier serait simultanément prédisposé à la réception des formes élémentaires nouvelles, et la répartition de la matière entre ces formes diverses d'après leurs exigences respectives n'aurait plus de cause interne. Toutes les formes s'approprieraient le même sujet, ou plutôt aucune d'elles ne pourrait se réaliser.

Au surplus, cette supposition contredit formellement la loi de Dulong et de Petit sur les chaleurs atomiques et moléculaires, car la capacité calorifique d'un élément donné, devant s'étendre sur toute la molécule, acquerrait une intensité proportionnelle à la masse moléculaire.

[1]) Pour éviter tout malentendu, redisons, qu'à notre avis, saint Thomas a défendu l'existence dans le composé chimique des propriétés réelles, mais atténuées, des composants. Quant à la *localisation* de ces groupes des propriétés, le docteur médiéval ne l'a peut-être pas enseignée explicitement, mais elle découle logiquement de la première hypothèse.

170. Examen de quelques difficultés. — A première vue, l'opinion que nous venons d'exposer, et que nous attribuons à saint Thomas, prête à la controverse.

Avec une semblable constitution, tous les composés du monde inorganique doivent être, semble-t-il, le siège d'actions immanentes ou vitales. L'hétérogénéité n'est-elle pas la caractéristique de l'être vivant ?

D'ailleurs, saint Thomas lui-même n'accorde-t-il pas aux puissances représentatives des éléments le pouvoir de détruire l'unité du composé en brisant l'harmonie qui lui est indispensable ?

Enfin, cette hypothèse ne compromet-elle pas l'unité des synthèses chimiques.

171. Première difficulté. — La première objection implique une conception défectueuse de la vie. La note distinctive de l'être vivant consiste en un principe de finalité immanente qui fait converger vers l'être lui-même les activités qui en émanent et lui permet ainsi de se nourrir et de développer sa propre substance. Pareil principe ne se rencontre point dans les composés chimiques. Chez eux, la forme essentielle incline l'être et ses puissances vers l'extérieur et les sollicite à des actions purement transitives.

Sans doute la vie n'est possible que dans les êtres constitués de parties hétérogènes. Mais on affirmerait sans preuve que toute hétérogénéité entraîne avec elle des activités vitales. La vie se traduit par un équilibre toujours renouvelé au sein d'une instabilité constante. De là la nécessité pour l'être vivant de posséder, outre un principe interne d'équilibre, des parties hétérogènes, des énergies tellement opposées qu'elles provoquent fatalement une lutte intestine. L'activité immanente résulte donc ici de cette hétérogénéité parfaite qui ne comporte point d'équilibre stable.

Tout autre est la diversité qualitative du composé chimique. En lui, toutes les puissances sont harmonisées parce

qu'elles ont perdu leurs traits distinctifs et ce degré spécial d'énergie qui nécessitait tantôt un échange d'activités entre les masses élémentaires. Ramenées par la réaction à une sorte de commune mesure, c'est à la condition de se maintenir en un équilibre stable et permanent, qu'elles ont pu se retrouver dans le composé. Aussi, tandis que l'instabilité conditionne l'existence et le développement de l'être vivant, toute rupture de l'équilibre est pour le corps inorganique le prodrome de sa décomposition.

172. **Deuxième difficulté.** — Le second reproche fait à saint Thomas est tout aussi peu fondé.

Selon l'opinion thomiste, le composé contient en lui-même des causes dissolvantes. L'évolution trop intense des qualités représentatives d'un élément, la prédominance exagérée d'une propriété suffit à briser l'harmonie et, par suite, l'unité de l'ensemble. Nulle part cependant, saint Thomas n'affirme que cette dissolution relève *uniquement* de causes internes.

Pour que les énergies d'un élément, dit l'illustre penseur, dominent dans le composé et amènent sa dissolution, il faut qu'elles reçoivent l'influence progressive d'un agent extrinsèque qui vienne leur restituer leur intensité naturelle. « Ideo licet propinquior sit potentia materiae in qua sunt miscibilia in mixto actui suo quam potentia materiae nudae, in qua nihil actu est, alteratione tamen indiget ad hoc quod haec potentia actui suo conjungatur » [1]).

Encore que la recrudescence d'énergie reçue soit interne, elle provient donc toujours d'une cause externe, ce qui ne s'accommode point avec la double immanence de l'action vitale.

173. **Troisième difficulté.** — La dernière difficulté vise l'unité du composé. Cette unité essentielle, dit-on, semble être

[1]) S. Thomas, Opusc. *De natura materiae*, c. 8.

maintenue par respect pour la théorie générale. En fait, elle se concilie difficilement avec cette multitude de puissances accidentelles que l'opinion thomiste attribue au mixte inorganique [1]).

Pour répondre à cette critique, rappelons d'abord la composition chimique de l'être vivant.

Un premier fait, indépendant de toute hypothèse, est la diversité profonde que l'on constate entre les multiples parties de la plante, sous le rapport chimique et physique.

Dans une simple cellule, par exemple, autre est la composition de la membrane, autre celle du protoplasme, autre encore celle du noyau. De même, les activités du parenchyme des feuilles, celles des racines, des vaisseaux libériens ou ligneux sont aussi spécifiquement distinctes les unes des autres.

Chez l'animal, la différenciation des tissus est plus grande encore. Ainsi, le cerveau contient, proportion gardée, des quantités considérables de phosphore ; les os abondent en calcium, et les tissus adipeux se font reconnaître par leur grande richesse en matières grasses.

Cependant, malgré la diversité profonde de leurs organes et la multiplicité de leurs propriétés différentielles, nul ne songe à mettre en doute l'unité essentielle de ces êtres. Pourquoi donc la conciliation de ces deux faits, si manifeste dans le domaine de la vie, serait-elle impossible dans le monde de la matière brute ?

L'analogie, dira t-on, n'est pas complète. Le végétal ou l'animal, supérieurs en perfection aux corps chimiques, possèdent certains privilèges qui les distinguent des êtres inférieurs.

Soit. Mais quels sont ces privilèges ?

A l'âme végétative est dévolue la mission de faire converger au bien de l'être toutes les activités dont il est le siège. L'âme

[1]) SCHAAF, *Institutiones cosmologicae*, p. 363. Romae, 1907.

sensitive rend le corps qu'elle anime capable de connaissances et d'appétitions [1]).

Est-ce bien aussi un privilège de la vie de faire éclore dans les différentes parties du corps vivant, des propriétés chimiques et physiques qui rappellent la nature des substances élémentaires ?

Il serait illogique de l'affirmer.

En effet, parmi les propriétés du mixte inorganique, aucune n'excède la perfection des forces communes de la matière. Leur nombre ne change pas leur nature ; et le degré supérieur d'être dont jouit le composé rend compte de l'étendue de sa sphère d'action. Lorsque les âmes végétatives et sensitives donnent naissance à ces groupes d'énergies chimiques et physiques, elles jouent donc le rôle de formes matérielles inférieures. « Formae ejusdem generis, écrit le philosophe médiéval, sic se habent, quod semper una virtute continet aliam ; illa scilicet quae est perfectior in se continet imperfectiorem cum alio addito » [2]).

Or, si on admet que l'activité d'un être se mesure à sa perfection essentielle, et qu'une forme supérieure contient virtuellement les énergies des formes inférieures, la persistance de toutes les puissances tempérées des générateurs et l'unité essentielle du composé chimique deviennent des faits naturels parfaitement compatibles entre eux [3]).

[1]) S. Thomas, Opusc. *De pluralitate formarum*, P. I.

[2]) Id., *ibid.*

[3]) En 1888, dans un travail intitulé *Le problème cosmologique*, nous avions déjà pris à partie l'interprétation trop rigoriste et malheureusement trop commune de ce « virtute manent » dont se servaient les scolastiques du moyen âge pour exprimer la persistance des éléments au sein du composé chimique. La formule, telle qu'on l'interprète actuellement, disions-nous, rend la théorie thomiste inacceptable ; ramenée au contraire à sa signification originelle, elle se montre en tous points d'accord avec les données de l'expérience. L'essai d'explication que nous proposions alors était identique, sauf quelques développements nouveaux, à celui que nous venons d'exposer. La *Revue Néo-Scolastique* a publié ce travail rajeuni dans son numéro de mai 1898.

ARTICLE VIII

Opinions des scolastiques modernes sur le composé chimique

174. **Opinions diverses.** — Au sujet de la nature du mixte inorganique, les scolastiques modernes se partagent en deux groupes : les uns se prononcent pour l'unité essentielle du composé ; les autres n'y voient qu'un agrégat d'atomes altérés d'une matière déterminée et réunis par les forces spéciales de la combinaison chimique.

Parmi les cosmologues du premier groupe, il en est qui interprètent l'unité essentielle du mixte en conformité parfaite avec la doctrine intégrale de saint Thomas. Pour eux, le mixte est un, parce qu'une forme nouvelle, réellement une, s'est substituée aux formes élémentaires disparues.

D'autres, au contraire, accordent leurs préférences à la conception d'Albert le Grand, ou du moins la tiennent pour aussi probable que la conception thomiste. D'après cette seconde opinion, le composé est doué d'unité essentielle en vertu d'une forme substantielle qui lui est propre ; mais sous l'empire de cette forme nouvelle, les formes élémentaires conservent leur réalité, sans exercer toutefois leur rôle de principe fixatif de l'espèce.

Au Congrès des savants catholiques tenu à Fribourg en 1898, le R. P. de Munnynck s'est fait le défenseur de nos idées en mettant en relief la nécessité d'élargir la formule traditionnelle. Nous fûmes d'autant plus heureux de cette communauté d'opinion, que le savant Dominicain ne connaissait pas nos vues à ce sujet.

On ne rompt jamais sans crainte avec une tradition plusieurs fois séculaire. Aussi aimons-nous à souligner le précieux appui donné à notre interprétation nouvelle par le distingué professeur de l'Université de Fribourg.

§ I

Première opinion : Le composé chimique est un agrégat

175. Partisans de cette opinion. — Parmi les scolastiques modernes [1]), nous ne connaissons que peu de philosophes qui aient défendu ex professo cette doctrine : Citons notamment, M. Charousset et le R. P. Schaaf.

« Aucun mixte minéral, écrit M. Charousset, n'implique un changement substantiel, au sens ontologique du mot. Tout mixte minéral, mélange ou combinaison, est un simple agrégat de substances, plus ou moins altérées, plus ou moins unifiées dans leurs propriétés sensibles, mais gardant toujours leur individualité respective » [2]).

Dans la conclusion des articles consacrés à cette question, il ajoute : « Ni « la métamorphose des propriétés » dans le mixte, ni leur « homogénéité » telle que nous la connaissons, ni leur « stabilité », ni les « lois spéciales » qui les régissent ne démontrent l'existence de changements substantiels dans le monde inorganique » [3]).

[1]) Nous ne citons pas, parmi les scolastiques modernes, M. Laminne, pour le motif que cet auteur paraît ne pas admettre la théorie scolastique. Non seulement il ne souscrit pas à la doctrine de l'unité essentielle des composés, mais il ne croit même pas que le *système* scolastique puisse se réclamer d'un seul argument sérieux. « Nous ne prétendons pas, dit-il, qu'aucun fait scientifique contredise la théorie péripatéticienne de la matière et de la forme substantielle; nous croyons seulement que les phénomènes physico-chimiques, *tels qu'ils nous sont connus aujourd'hui*, ne fournissent pas d'argument en faveur de cette théorie. » Cfr. Laminne, *Les quatre éléments, le feu, l'air, l'eau, la terre*, p. 191, Bruxelles, Hayez, 1904.

Quant à l'opinion personnelle du savant auteur, il est assez difficile de la formuler. Peut-être en trouvera-t-on les éléments principaux aux pages 166 et 179 du travail précité.

L'hypothèse du mixte-agrégat a été aussi défendue par un physicien philosophe, le P. Dressel. Cfr. articles publiés dans la Revue *Natur und Offenbarung*, t. XV.

[2]) Charousset, *Le problème métaphysique du mixte (Revue de philosophie*, 1903), p. 544.

[3]) Id., *art. cité*, p. 680.

D'après le P. Schaaf, « la question de savoir comment les éléments se trouvent dans le mixte ne peut être résolue avec une entière certitude. Les deux opinions, de la permanence et de la non permanence actuelle, ont leurs avantages et leurs inconvénients. Mais par suite du progrès des sciences naturelles, il est difficile de préférer l'opinion qui nie la persistance actuelle à celle qui l'affirme » [1]).

Ailleurs, il écrit : « On ne peut porter sur ces questions un jugement définitif, et l'une et l'autre opinion jouissent encore d'une réelle probabilité » [2]).

Lui-même, cependant, accorde ses sympathies à l'hypothèse du mixte-agrégat. Pour lui, il n'y aurait donc de génération véritable que dans le monde des êtres vivants [3]).

§ 2

Deuxième opinion : Le composé chimique est doué d'unité essentielle

176. **Partisans de cette opinion.** — Nombreux sont les scolastiques modernes qui se rallient à cette opinion. On peut citer comme appartenant à ce groupe : Beysens [4]), Bulliot [5]), De Backer [6]), De la Vaissière [7]), De Maria [8]), De

[1]) Schaaf, *Institutiones cosmologicae*, p. 346. Romae, 1907.

[2]) Id., *op. cit.*, p. 347.

[3]) Id., *op. cit.*, p. 368.

[4]) Beysens, *Naturphilosophie of Cosmologie*, pp. 64 et suiv. Amsterdam, Van Langenhuysen, 1910.

[5]) Bulliot, *Examen des principales théories de la combinaison chimique* (Compte-rendu du Congrès scientifique, tenu à Paris en 1891, t. VII, p. 329).

[6]) De Backer, *Cosmologia*, pp. 186-188. Paris, Briguet, 1899.

[7]) De la Vaissière. *Philosophia naturalis*, vol. I, pp. 124-134 et 271. Paris, Beauchesne, 1912.

[8]) De Maria, *Philosophia peripatetico-scholastica*, *Cosmologia*, t. I, q. II, a. 3, Romae.

Munnynck [1]), De San [2]), Domet de Vorges [3]), Donat [4]), Farges [5]), Festugière [6]), Gonzalès [7]), Gredt [8]), Haan [9]), Hugon [10]), Kleutgen [11]), Lahousse [12]), Lepidi [13]), Liberatore [14]), Lorenzelli [15]), Mancini [16]), Mercier [17]), Mielle [18]), Mitschelitsch [19]), Pesch [20]), Reindstadler [21]), Remer [22]), San-

1) De Munnynck, *Notes sur l'atomisme et l'hylémorphisme (Revue thomiste*, 1897), pp. 593-597. — *Les propriétés essentielles des corps bruts (Revue thomiste*, 1900), pp. 155-169.

2) De San, *Cosmologia*, pp. 183 et suiv. Lovanii, Fonteyn, 1881.

3) Domet de Vorges, *Abrégé de métaphysique*, t. I, p. 204. Paris, Lethielleux, 1906.

4) Donat, *Cosmologia*, pp. 144 et suiv. Oeniponte, Rauch (Pustet), 1913.

5) Farges, *La matière et la forme*, pp. 27 et suiv. Paris, Roger et Chernovitz.

6) Festugière, *Questions de philosophie de la nature (Revue bénédictine*, 1904), pp. 10-45, et 404-431.

7) Gonzalès, *Cosmologia*, c. II, a. 3, thesis 2a. Matriti, Lopez, 1868.

8) Gredt, *Elementa philosophiæ aristotelico-thomistæ*, vol. I, pp. 328-334. Friburgi Brisgoviæ, 1909.

9) Haan, *Philosophia naturalis*, pp. 198-229. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1898.

10) Hugon, *Cosmologia*, pp. 157 et suiv. Paris, Lethielleux, 1911.

11) Kleutgen, *La philosophie scolastique*, t. III, 7e dissertation, c. V, 3 et 4. Paris, Gaume, 1870.

12) Lahousse, *Cosmologia*, pp. 117 et suiv. Lovanii, Peeters, 1896.

13) Lepidi, *Elementa philosophiæ christianæ*, pp. 48-52. Paris, Lethielleux, 1879.

14) Liberatore, *Du composé humain*, pp. 381 et suiv. Lyon, Briday, 1865.

15) Lorenzelli, *Philosophiae theoreticae institutiones secundum doctrinas Aristotelis et S. Thomae Aquinatis*, 2 vol. Romae, Cuggiani, 1890.

16) Mancini, *Cosmologia*, q. IV, a. 5. Romae, typ. polygl. 1898.

17) Mercier, *Psychologie*, t. II, no 268 : Unicité de forme; la forme de corporéité, Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1912.

18) Mielle, *De substantiæ corporalis vi et ratione*, pp. 164 et suiv. Lingonis, Rallet, 1894.

19) Mitschelitsch, *Atomismus, Hylemorphismus und Naturwissenschaft*, pp. 44 et suiv. Graz, 1897.

20) Pesch, *Institutiones metaphysicæ specialis*, vol. I, pp. 297-312. Friburgi Brisgoviæ, 1897.

21) Reinstadler, *Elementa philosophiæ scholasticæ*, vol. I, p. 399. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1904.

22) Remer, *Summa prælectionum philosophiæ scholasticæ*, vol. II, pp. 56 et suiv. Prati, Giachetti, 1900.

severino [1]), Schiffini [2]), Schneid [3]), Schmöller [4]), Uraburu [5]), Willems [6]), Zigliara [7]).

Bien que tous ces auteurs s'accordent pour attribuer au composé chimique une véritable *unité essentielle*, ils cessent cependant d'être unanimes, quand il s'agit de déterminer le *mode* d'après lequel les atomes sont représentés dans l'être du composé.

1° La plupart souscrivent à la doctrine traditionnelle de la *permanence virtuelle* des éléments. On connaît l'idée fondamentale de cette théorie : les formes des éléments disparaissent dans le mixte et se trouvent remplacées par une forme unique, nouvelle, intermédiaire entre les formes disparues, dépositaire de leurs virtualités tempérées [8]).

On peut signaler comme partisans de cette interprétation :

Beysens, Bulliot, De Backer, De la Vaissière, De Maria, De Munnynck [9]), De San, Farges, Gonzalès, Gredt,

1) Sanseverino, *Elementa philosophiæ christianæ, Cosmologia*, vol. II, pp. 270 et suiv. Neapoli, Manfredi, 1862.

2) Schiffini, *Institutiones metaphysicæ specialis*, vol. I, pp. 82 et suiv. Augustae Taurinorum, Speirani, 1888.

3) Schneid, *Naturphilosophie*, pp. 200 et suiv. Paderborn, Schöningh, 1890.

4) Schmöller, *Die scholastische Lehre von Materie und Form*, pp. 38 et suiv. Passau, Passavia, 1903.

5) Uraburu, *Institutiones philosophicæ, Cosmologia*, vol. III. Vallisoleti, typis a Cuesta, 1892.

6) Willems, *Institutiones philosophicæ*, vol. II, pp. 116 et suiv. Treveris, Ex off. ad s. Paulinum, 1906.

7) Zigliara, *Cosmologia*, lib. II, a. 2, pp. 68 et suiv. Lyon, Briday, 1884.

8) Nous ne considérons ici que l'idée fondamentale de cette théorie. Il nous a paru inutile de mentionner les opinions divergentes au sujet de la manière dont les *propriétés* des éléments sont reproduites dans le composé (permanence virtuelle au sens traditionnel du mot, permanence formelle, permanence réelle et localisation (voir plus haut, pp. 262-290).

9) De Munnynck, *Notes sur l'atomisme et l'hylémorphisme (Revue thomiste*, 1897), p. 597. Le savant Dominicain résume cette belle étude en trois conclusions : « 1° Les molécules composées (d'éléments différents) jouissent d'une véritable unité substantielle. 2° Il n'y a pas lieu d'admettre l'individualité des atomes dans les molécules simples polyatomiques (par exemple N_2, Cl_2).

Haan [1]), Hugon, Kleutgen, Lahousse, Lepidi [2]), Liberatore, Lorenzelli, Mancini, Mercier, Mielle, Mitschelitsch, Remer, Schiffini, Schmöller, Schneid, Uraburu, Zigliara.

3° Cette unité substantielle n'implique pas l'homogénéité complète soit dans les propriétés, soit dans les distinctions quantitatives, etc. ».

Plus haut, le R. P. dit encore : « Tout ce qui précède m'autorise à considérer la thèse fondamentale de l'hylémorphisme comme la conclusion nécessaire d'un examen attentif des phénomènes chimiques. L'atome simple, introduit dans la molécule, perd son essence et son individualité, la molécule se présente avec sa forme unique, comprenant sous elle la matière de tous les atomes qui ont concouru à sa constitution. » *Ibid.*, pp. 593-594.

Dans un autre travail intitulé : *Les propriétés essentielles des corps bruts (Revue thomiste,* 1900), pp. 156-169, le R. P. aime à reconnaître que « l'hylémorphisme nous donne la seule réponse acceptable », que « mis en présence des faits les mieux constatés, il en donne seul l'explication adéquate », mais il croit que l'on ne peut « considérer l'hylémorphisme comme un chapitre achevé dans la philosophie de la nature ». « L'unité substantielle du composé chimique, dit-il, ne se démontre que par l'acquisition de ses propriétés essentielles. » Or, d'après le R. P., les preuves expérimentales ne suffisent pas à établir, avec certitude, le fait de l'apparition de propriétés nouvelles. Mais une démonstration *a priori* est possible. En d'autres termes, on peut prouver « que les propriétés chimiques sont consécutives à l'essence, parce que la notion générale d'être fini exige qu'elles le soient », pp. 155-165.

[1]) Haan, *Philosophia naturalis*. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1898. — Le P. Haan est un partisan convaincu de la théorie thomiste sur la nature du composé chimique. L'unité essentielle du mixte, la disparition complète des formes élémentaires et leur remplacement par une forme unique propre au composé, le rejet de toute distinction entre la réalité d'une forme et son rôle de principe fixatif de l'espèce, l'impossibilité de concilier l'unité essentielle du mixte avec la persistance de plusieurs formes essentielles, subordonnées ou non subordonnées entre elles, telles sont les thèses que l'auteur défend avec un luxe d'arguments aussi clairement exposés que solidement conçus. A lire notamment la thèse 43e, pp. 221-229.

[2]) Lepidi, *Elementa philosophiæ christianæ*, vol. III, pp. 48-52. Paris, Lethielleux, 1879. Cet auteur compte parmi les tenants de la doctrine thomiste, mais il ne regarde pas l'hylémorphisme comme une doctrine absolument certaine. « Il n'est pas *évident*, dit-il, que le changement des propriétés engage aussi la nature même des êtres ». « De même, ajoute-t-il, il n'est pas *évident* que l'âme humaine ne puisse s'unir directement à un corps subsistant de lui-même et l'élever à un état substantiel nouveau », pp. 78-79. « Eam autem tanquam sententiam omnino certam, quæ animum ab omni formidine liberet, defendere non audemus », p. 80.

2° Les autres philosophes, partisans de l'unité substantielle du composé chimique, accordent aux éléments qui concourent à sa constitution, une permanence plus effective et plus actuelle ; ils reprennent en substance l'hypothèse d'Albert le Grand.

Appartiennent à ce groupe : Pesch, Willems, Domet de Vorges, Donat.

Pour le P. Pesch, l'interprétation du composé conçue par Albert le Grand paraît même plus probable que l'interprétation thomiste. Les formes élémentaires, dit-il, sont naturellement destinées à préparer la matière à des états substantiels plus parfaits : l'élément existe pour le composé. Lorsque ces formes inférieures passent dans le mixte, elles peuvent donc conserver intégralement leur réalité native sans conserver cependant leur rôle de forme essentielle, c'est-à-dire le pouvoir de déterminer l'être spécifique. C'est à la forme supérieure du composé qu'est alors dévolu ce rôle. Par leur union intrinsèque avec ce principe substantiel nouveau, les éléments peuvent donc, — et cela sans que la réalité de leur forme respective soit amoindrie — constituer un nouvel être, réellement un, celui du composé.

On le voit, il suffit d'une simple distinction entre la *réalité* et le *pouvoir déterminant* des formes essentielles élémentaires pour concilier l'unité essentielle du mixte et la persistance actuelle des éléments [1]).

Suivant le P. Willems, l'opinion thomiste et l'opinion albertine jouissent d'une égale probabilité, à condition toutefois de regarder le composé comme une espèce nouvelle, déterminée par une nouvelle forme essentielle [2]).

Tel est aussi l'avis de Domet de Vorges : « Il me semble, dit l'auteur français, que l'on peut bien soutenir que si la

[1]) Pesch, *Institutiones metaphysicæ specialis*, pp. 303-305. Friburgi Brisgoviæ, 1897.

[2]) Willems, *Institutiones philosophicae*, v. II, p. 116. Treveris, Ex off. ad S. Paulinum, 1906.

forme élémentaire n'est pas conservée, sa valeur l'est du moins... Le degré supérieur contient évidemment l'équivalence du degré inférieur, bien qu'il ne soit pas composé de plusieurs degrés. Qui empêche donc de croire que si le degré inférieur est absorbé, la valeur encore utilisable, comprise dans ce degré, persiste ? Par cette interprétation qui se rapproche de la pensée de Duns Scot, nous obtiendrons le même résultat que cherchait Albert le Grand, mais avec des expressions moins fortes » [1]).

Le P. Donat accorde, lui aussi, une réelle probabilité à la doctrine de l'unité essentielle du composé chimique. Mais, comme les auteurs précédents, il croit que la forme nouvelle du composé n'entraîne pas la disparition de la *réalité* des formes élémentaires.

A son avis, il est même moins probable que tout corps inorganique soit constitué d'une forme substantielle et d'une matière première entendue au sens thomiste du mot. « Il se peut, dit-il, que les sous-atomes dont sont peut-être formés les atomes chimiques constituent la matière première ; cette matière serait donc subsistante d'elle-même, douée de certaines déterminations, non composée, mais destinée à être élevée à des perfections supérieures. Grâce à une forme imparfaite, un certain nombre de ces atomes se fusionneraient en un être nouveau, à savoir l'atome chimique. Enfin, de l'union de ces individualités chimiques par une forme plus parfaite résulterait l'être moléculaire du composé » [2]).

177. **Auteurs sympathiques à la doctrine de l'unité, mais encore hésitants.** — Quelques auteurs, malgré leur sympathie réelle pour la doctrine thomiste de l'unité, se refusent cependant à émettre un jugement décisif. Tels sont : Lehmen et Gutberlet.

[1]) Domet de Vorges, *Abrégé de métaphysique*, t. I, p. 204. Paris, Lethielleux, 1906.

[2]) Donat, *Cosmologia*, p. 148. Œniponte, Rauch (Pustet), 1913.

Le P. Lehmen est partisan convaincu de la distinction spécifique des corps simples [1]). Il admet même que les éléments subissent de véritables transformations substantielles dans l'être vivant, et que le principe de vie s'unit directement à la matière première, entraînant avec lui la disparition de toutes les formes élémentaires antérieures. Le R. P. condamne donc sans réserve la théorie de la persistance des formes, considérées soit comme réalité, soit comme principes fixatifs de l'espèce [2]). Mais il n'ose se prononcer au sujet de la nature du mixte. « Ob die chemischen Mischungen als neue Körper oder nur als Aggregate von einfachen Elementen zu betrachten seien, wollen wir hier nicht entscheiden » [3]).

Après avoir exposé les principales difficultés que soulève la théorie thomiste, Gutberlet se pose à lui-même cette question : Ces difficultés prouvent-elles la fausseté de la doctrine de l'unité? Nullement, répond-il, et si l'on peut établir que la matière inorganique est soumise à de réelles transformations essentielles dans l'être vivant, il est même logique de conclure que pareil phénomène se produit dans le monde minéral [4]).

§ 3

Arguments dont se réclame la première opinion

178. **Premier argument. L'opinion nouvelle est en harmonie avec les sciences naturelles.** — En présence des difficultés suscitées par les sciences, et spécialement par la chimie moderne, à la cosmologie de l'École,

[1]) Lehmen, *Lehrbuch der Philosophie*, II. Band. *Cosmologie und Psychologie*, pp 179 et suiv. Freiburg im Brisgau, Herder, 1911.

[2]) Id., *op. cit.*, pp. 276-281.

[3]) Id., *op. cit.*, p. 184.

[4]) Gutberlet, *Naturphilosophie*, pp. 38-42. Münster, Theissing'sche Buchhandlung, 1894.

plusieurs philosophes, partisans d'ailleurs de la doctrine traditionnelle, se sont demandé s'il n'y avait pas lieu de tempérer les exigences de la théorie sur la nature des composés chimiques, et de regarder, conformément aux principes de l'atomisme scientifique, tous les corps *chimiquement composés* comme des *agrégats* de substances élémentaires. L'unité essentielle n'appartiendrait ainsi qu'aux éléments proprement dits, c'est-à-dire aux corps simples (ou à leurs sous-atomes s'ils sont eux-mêmes composés) et aux êtres doués de vie.

Aussi bien, dit-on, cette concession restreint simplement le champ d'application de la théorie générale, et partant ne saurait la compromettre.

D'autre part, n'est-ce pas le moyen le plus facile et le plus radical de mettre fin à ce conflit perpétuel qui règne depuis tant d'années entre la philosophie et les sciences ? N'est-ce pas un fait indéniable que la généralité des chimistes et des physiciens admettent la persistance des atomes dans le composé ? [1])

Au surplus, n'est-il pas raisonnable de leur reconnaître une spéciale compétence dans des questions qui touchent de si près à leur domaine favori ? [2])

179. Critique. 1° Le sacrifice de l'unité essentielle des composés n'élude pas toutes les difficultés d'ordre scientifique [3]). — A en croire les partisans de la doctrine scolastique rajeunie, toute difficulté disparaît du

[1]) Laminne, *Les quatre éléments : le feu, l'air, l'eau, la terre*, p. 167. Bruxelles, Hayez, 1904.

[2]) P. Schaaf, *Institutiones cosmologicae*, pp. 369 et passim. Romae, 1907.

[3]) Pour éviter tout malentendu, il ne sera pas inutile de redire ici que nous n'avons nullement l'intention de prouver la validité de la théorie scolastique. Cette preuve sera établie dans la troisième partie de cet ouvrage. Les réflexions suivantes s'adressent exclusivement aux tenants du thomisme qui admettent d'une part la distinction spécifique des *corps simples* et leur composition hylémorphique, mais se refusent d'autre part à reconnaître l'unité essentielle des *composés chimiques*.

domaine de la chimie, dès qu'on sacrifie l'unité des composés inorganiques.

Les formules de structure exprimeraient fidèlement, dans ce cas, le mode d'agencement des masses élémentaires au sein de la molécule, comme aussi le mode d'action que ces masses exercent les unes sur les autres ou sur les corps étrangers soumis à leur influence. Les principes mêmes de la stéréochimie, qui attribuent aux diverses parties de la molécule des situations diverses dans l'espace, et qui, par conséquent, séparent les uns des autres, à des distances plus ou moins considérables, les éléments constitutifs des édifices moléculaires, ces principes, dit-on, seraient aussi acceptables sans réserve. Qu'importent, en effet, les distances interatomiques et les activités internes attribuées aux parties de la molécule, si celle-ci est un agrégat et non une individualité chimique ?

Ainsi en est-il des autres difficultés. Elles n'existent que pour les tenants des anciennes idées, c'est-à-dire pour les partisans de l'unité essentielle.

De prime abord, cette solution est séduisante et paraît même radicale. Il nous faut, pour dissiper l'illusion, jeter un regard d'ensemble sur ce domaine de la chimie qu'on s'est plu à considérer sous un aspect trop restreint.

Anciennement, la chimie se divisait en deux parties essentiellement distinctes, sinon opposées : la chimie minérale qui s'occupait de la matière brute, et la chimie organique qui avait pour objet les êtres vivants ou plus exactement la matière organisée, formée sous l'influence de la vie. Les chimistes modernes ont supprimé, avec raison, cette ancienne division. Il n'y a plus, à l'heure présente, qu'une seule chimie ; et le nom de chimie organique est réservé au chapitre de cette science qui traite du carbone et de ses composés. Le seul motif pour lequel on lui conserve encore son nom primitif, est que bon nombre de ces corps ne se trouvent à l'état

naturel que dans les êtres doués de vie, ou dans la matière organisée.

Il ne faudrait donc point s'imaginer que la production des composés, appelés organiques, relève exclusivement d'un milieu vital, et se réalise suivant des principes et des lois propres aux êtres vivants. La science a arraché ses secrets à la nature, et ces édifices moléculaires si complexes, construits par la plante ou l'animal, se sont refaits sous la main du chimiste. Les substances albuminoïdes seules résistent encore en partie à ses procédés d'investigation, mais les résultats qui ont couronné des essais tout à fait récents permettent d'espérer, même sur ce terrain, un complet succès.

Il n'y a plus, redisons-le, qu'une seule chimie.

Partout, dans les êtres vivants, comme dans l'évolution de la matière brute, les combinaisons et les décompositions obéissent aux mêmes lois de l'affinité et de l'atomicité ; les mêmes phénomènes thermiques et électriques accompagnent les mêmes réactions ; partout aussi, les propriétés des composés sont fonction des propriétés des composants ; enfin, la stabilité des substances chimiques est toujours en raison inverse de leur complexité atomique, et en raison directe du dégagement de chaleur dont s'est accompagnée leur formation.

Bref, au point de vue chimique, l'ensemble des substances corporelles est visiblement soumis au même régime.

Or, ce fait conduit à une conséquence des plus importantes, qui se concilie difficilement avec l'opinion nouvelle : si l'unité substantielle des composés inorganiques est condamnée par les principes de la chimie moderne, il faut reléguer dans le domaine des chimères l'unité essentielle des êtres vivants, des animaux aussi bien que des plantes.

En effet, les propriétés des corps composés et les réactions dont ils sont susceptibles, ne s'expliquent, dit-on, qu'à la condition d'admettre la structure interne de la molécule, l'agencement particulier de ses masses atomiques constitutives, voire même une certaine distribution topographique des

éléments agrégés, — autant de postulats qui impliquent la négation formelle de l'unité essentielle. Or, cette hypothèse admise, n'est-il pas nécessaire de l'appliquer aussi à ces mêmes corps, transportés dans les tissus de l'être vivant, où ils conservent sensiblement leurs caractères distinctifs et leur mode de réaction ? En vertu des principes généraux de la chimie, la raison explicative des propriétés ne doit-elle pas être la même dans les deux cas [1]) ?

Dès lors, ou bien dans aucun domaine l'éclosion des propriétés d'un corps ne relève nécessairement d'une structure interne, incompatible avec l'unité de l'être composé, ou bien l'unité substantielle n'est l'apanage ni des êtres vivants, ni des composés inorganiques ; toute distinction étant ici arbitraire et antiscientifique [2]).

[1]) A ce moment, nous faisons abstraction de la question de savoir si, d'après les données scientifiques actuelles, le *changement* des propriétés confirme ou non l'hypothèse de l'unité du composé.

[2]) Au sujet de cet argument, notre pensée n'a pas toujours été bien comprise. En réalité, cet argument se résume comme suit : d'après les partisans du mixte-agrégat, le sacrifice de l'unité présente un grand avantage, savoir, la suppression de toutes les difficultés créées par la chimie moderne à la théorie thomiste, et d'autre part le maintien intégral de la théorie dans le monde organique.

Cet avantage, disions-nous, est illusoire, car la chimie minérale et la chimie organique ne sont qu'une seule et même science ; l'interprétation scientifique actuelle des propriétés doit donc être la même dans les deux règnes et si l'on admet qu'elle est incompatible avec l'unité du mixte minéral, il faudra, pour la même raison, la dire incompatible avec l'unité du vivant. Or, on prétend maintenir cette dernière unité. Les difficultés temporairement éliminées dans le domaine de la matière brute réapparaissent intégralement dans le domaine de la vie. D'ailleurs, l'intitulé même de l'argument paraît en indiquer assez clairement le sens : « Le sacrifice de l'unité essentielle des composés élude-t-il toutes les difficultés d'ordre scientifique » ?

Le R. P. Schaaf le transforme en l'argument suivant : « Si les éléments persistent en acte dans le mixte et si partant le mixte n'est pas un être essentiellement un, les éléments persisteront aussi dans l'être vivant ; celui-ci ne sera donc plus un être, ce qui est inadmissible. « Si in mixto inorganico elementa actu manent et sic mixtum non est unum per se, ipsa in *organicis*

180. Objection. — L'unité des êtres animés, objectera-t-on peut-être, s'impose, tandis que l'unité des composés minéraux n'a jamais été jusqu'ici solidement établie. N'est-il donc pas logique d'admettre l'unité des uns et de rejeter celle des autres, puisque d'ailleurs elle est devenue très encombrante ?

quoque manerent et sic etiam vivens corporeum non esset unum per se, id quod admitti nequit. Ergo ». *Institutiones cosmologicae*, p. 360.

Il est clair qu'ainsi présenté l'argument a une tout autre portée. Nous n'avons pas soutenu, dans l'exposé de cette preuve, que l'unité accidentelle du mixte avait pour conséquence nécessaire et immédiate l'unité accidentelle du vivant. Notre pensée, redisons-le sous une autre forme que l'on trouvera d'ailleurs textuellement dans l'argument, notre pensée est celle-ci : il paraît impossible, dit-on, de rendre compte des propriétés du mixte si on n'en exprime pas la constitution par des formules de structure et des formules topographiques, qui toutes supposent la permanence actuelle des éléments Donc sacrifions l'unité du mixte, mais maintenons l'unité du vivant. Illusion, disions-nous. Si ces formules, qui supposent la persistance des individualités atomiques, sont indispensables pour l'explication des propriétés du mixte en dehors de l'organisme, pourquoi ne le seraient-elles plus pour le même corps doué des mêmes propriétés, mais se trouvant dans un être vivant ? Et si elles entraînent la négation de l'unité dans le premier cas, pourquoi ne l'entraîneraient-elles pas dans le second ?

Intentionnellement d'ailleurs, nous avons nous-même beaucoup insisté sur l'identité des propriétés physiques et chimiques du minéral et du vivant ainsi que sur le rôle du principe de vie dans la plante. Le rôle spécifique de ce principe, avons-nous dit, consiste uniquement à *orienter* toutes les activités de la plante vers un seul et même but, savoir la conservation et le développement de l'être. En fait, cette identité des propriétés d'une part, et le sens qu'on prétendait accorder aux formules chimiques, d'autre part, constituaient la base de notre argumentation.

Bien que les propriétés de certains mixtes soient les mêmes dans les deux règnes, on peut cependant sans illogisme, répond le R. P. Schaaf, refuser l'unité essentielle au mixte inorganique et l'attribuer au corps vivant, car le fait de l'immanence exige qu'une forme nouvelle unique se substitue aux formes élémentaires. Au moins telle est l'opinion de plusieurs philosophes.

Distinguons : il n'y a pas d'illogisme si la *raison spéciale* qu'on invoque pour nier l'unité du composé inorganique ne conserve pas sa valeur dans le monde organique, *Concedo*. Si cette raison au contraire ne perd rien de sa force dans le domaine de la vie, *Nego*.

Or, si les formules de structure et topographiques sont absolument indis-

Cette objection n'infirme en rien notre critique.

Le point délicat n'est pas de savoir si la doctrine scolastique se justifie à titre égal dans les deux règnes de la nature. C'est là une thèse subsidiaire pour le moment. Il s'agit avant tout de vérifier si les raisons alléguées pour tempérer cette théorie dans son application au monde inorganique, n'entraînent pas fatalement la négation de cette même théorie dans le domaine de la vie, ou du moins, ne suscitent pas entre elle et la chimie moderne un conflit plus aigu.

Or, nous le répétons, si l'interprétation scientifique des propriétés d'un composé minéral commande le sacrifice de l'unité, ce même sacrifice doit s'étendre à tous les êtres quelle qu'en soit la nature.

181. 2° L'opinion des chimistes sur la nature du composé constitue-t-elle un argument décisif? — « L'hypothèse atomique, adoptée aujourd'hui en chimie, enseigne, dit-on, l'invariabilité substantielle des atomes » [1]).

L'accord des chimistes sur ce point paraît être presque unanime. Mais cet accord même est-il une garantie de la validité de l'hypothèse?

Qui oserait l'affirmer? Vers la fin du siècle dernier, le mécanisme cartésien dominait la science. Tel était son crédit qu'un savant physicien de cette époque ne craignait pas

pensables pour l'explication des propriétés du mixte inorganique, elles ne le seront plus dans l'être vivant; *subdistinguo* : si les propriétés physico-chimiques et les lois de la chimie restent inchangées, *Nego*; si ces propriétés elles-mêmes sont nouvelles et soumises à des lois nouvelles, *Concedo*.

Il nous importe donc peu de savoir si l'immanence n'est pas un fait nouveau, par lui-même suffisant pour établir l'unité de l'être vivant. Nous admettons volontiers la valeur de cette preuve, même dans l'hypothèse où les propriétés du mixte-agrégat inorganique seraient identiques aux propriétés du mixte vivant. L'illogisme que nous avons relevé est ailleurs, comme nous venons de le montrer.

[1]) Laminne, *Les quatre éléments : le feu, l'air, l'eau, la terre*, p. 167. Bruxelles, Hayez, 1904.

d'écrire : « Si sur le domaine de la science, le suffrage universel avait une valeur effective, il n'y aurait plus lieu de discuter la question » [1]). Et cependant, on sait avec quelle vigueur, peu de temps après, le mécanisme était battu en brèche par les physiciens et chimistes les plus illustres, notamment par MM. Ostwald, Duhem, Mach, etc.

La raison du fait se découvre aisément. A l'heure présente, plus que jamais, on ne voit plus dans la théorie et l'hypothèse une expression plus ou moins fidèle de la réalité, mais un instrument de découverte et de classification. On l'exalte aujourd'hui pour le délaisser demain s'il cesse de rendre des services.

Sans doute, la théorie atomique se range parmi les théories les plus fécondes qu'on ait inventées; elle a introduit dans les sciences chimiques un ordre et une clarté qui imposent l'admiration. Et à raison de ces résultats indéniables, nous lui accordons volontiers une très grande probabilité.

Il en est autrement de l'application de la théorie aux composés chimiques. La persistance des atomes au sein du composé est une seconde hypothèse que n'implique pas nécessairement la première, et qui partant ne jouit pas de la même validité. Cette question de la nature du mixte ressortit autant à la métaphysique qu'à la chimie. Les cinq ou six opinions philosophiques qui prétendent rendre compte des propriétés du mixte en en sauvegardant l'unité, prouvent suffisamment que ces propriétés sont susceptibles d'interprétations très diverses. Pour notre part, nous avons même la conviction qu'il est facile de concilier l'unité essentielle du composé et la localisation des groupes de propriétés atomiques représentée par les formules de structure.

Les chimistes, il est vrai, construisent les édifices moléculaires *comme si* les masses atomiques y conservaient leur

[1]) Hirn, *Analyse élémentaire de l'univers*, p. 57. Paris, Gauthier-Villars, 1868.

individualité respective. Peut-on leur en faire un grief? Nullement, puisque ce procédé est beaucoup plus commode. Mais est-il téméraire de croire que nul ou presque nul d'entre eux n'a songé, ni aux graves problèmes métaphysiques que cette question soulève, ni aux divers modes de persistance virtuelle préconisés par les cosmologues ?

L'accord des chimistes en ces problèmes obscurs, placés aux confins des sciences et de la philosophie, se comprend donc aisément sans qu'on doive y voir une solution définitive [1]). Les faits et les faits seuls peuvent donner à cet accord la valeur d'une preuve [2]). Or, y a-t-il des faits certains qui démontrent l'invariabilité substantielle des atomes ? Nous n'en connaissons pas, et les partisans eux-mêmes du mixte-agrégat avouent ne pas en connaître davantage. « Nous ne prétendons pas, écrit M. Laminne, qu'aucun fait scientifique contredise la théorie péripatéticienne de la matière et de la forme substantielle; nous croyons seulement que les phénomènes physico-chimiques, *tels qu'ils nous sont connus aujourd'hui*, ne fournissent pas d'argument en faveur de cette théorie » [3]).

Après avoir passé en revue les principales difficultés soulevées par la théorie atomique contre la doctrine hylémorphique, après avoir exposé les données scientifiques actuelles sur les propriétés des composés chimiques, Gutberlet conclut lui aussi : « l'atomisme ne contredit en rien la théorie scolastique sur la nature des corps simples et composés » [4]).

[1]) Job, *Chimie* (*De la méthode dans les sciences*, p. 195. Paris, Alcan, 1910). « Actuellement, dit-il, la chimie essaye d'expliquer les espèces par des assemblages d'atomes et les métamorphoses par des transformations d'énergie. Est-ce une conception définitive ? Nul ne le croira. Mais la question est bien prématurée, puisque nous ne savons pas même relier la première explication à la seconde et rapporter l'énergie aux atomes. »

[2]) Nous examinerons plus tard si l'étude comparative des propriétés du composé et des composants justifie l'hypothèse du mixte-agrégat.

[3]) Laminne, *op. cit.*, p. 191.

[4]) Gutberlet, *Naturphilosophie*, pp. 38-42, Münster, Theissing'sche Buchhandlung, 1894.

D'ailleurs, si l'existence des atomes est encore problématique, comment leur persistance dans le composé pourrait-elle être une donnée expérimentale certaine?

Soit, dira-t-on peut-être, l'opinion des chimistes ne résout pas le problème du mixte, mais n'est-il pas souhaitable que la théorie scolastique puisse se concilier avec elle, et rencontrer de ce chef plus de sympathie chez les hommes de science ?

Assurément, l'accord est vivement souhaitable et nous n'hésiterions pas à sacrifier l'unité essentielle des composés chimiques, si les faits pouvaient établir le bien fondé de l'opinion des savants, ou si pareille concession n'ouvrait point la voie à des difficultés d'ordre métaphysique très sérieuses. Nous aurons bientôt l'occasion d'examiner ces conséquences. Or, il importe de ne jamais perdre de vue qu'une théorie cosmologique, pour être valable, doit s'harmoniser avec la *totalité* des données certaines et de la science et de la philosophie.

182. **Deuxième argument, tiré des causes des décompositions chimiques.** — L'hypothèse de la persistance des atomes explique avec la plus grande facilité le retour des éléments à l'état de liberté. L'expérience le prouve : la lumière, l'électricité, la chaleur, un simple choc même peuvent provoquer la dislocation de l'édifice moléculaire et la mise en liberté de ses éléments constitutifs. Quoi de plus naturel si ces causes physiques ou mécaniques n'ont d'autre rôle, que de briser les liens accidentels qui retiennent captives les masses atomiques essentiellement inchangées [1]) ?

[1]) Domet de Vorges, *Abrégé de métaphysique*, 1 vol., p. 194. Paris, Lethielleux, 1906. — Schaaf, *Institutiones cosmologicae*. Romae, 1907. — Charousset, *Le problème métaphysique du mixte (Revue de philosophie*, 1903), pp. 671-675.

183. Critique. — Considéré à ce point de vue restreint, l'avantage signalé est incontestable ; l'explication présente même un degré de simplicité qu'on rechercherait en vain dans la seconde opinion.

Par contre, le fait concret, c'est-à-dire considéré avec toutes les circonstances qui le caractérisent, n'est pas aussi simple qu'on le suppose. Un rayon de lumière brise la molécule d'un corps et fait revivre les divers composants qu'il contient. Les liens interatomiques, dites-vous, se sont brisés ! Mais comment cet agent physique a-t-il rendu à chacun des atomes hétérogènes la quantité exacte de chaleur, d'électricité, d'énergie mécanique qu'ils avaient perdue ? Il ne suffit pas, en effet, de briser leurs liens, il faut en plus les réintégrer dans leur état accidentel antérieur.

On les dit substantiellement inchangés. Soit, mais au moins les altérations accidentelles dont la chimie nous donne la mesure, sont incontestables. Comment donc cette cause unique compense-t-elle toujours exactement toutes les pertes subies par les diverses énergies, en même temps qu'elle brise l'enchaînement des masses atomiques ?

Les natures élémentaires, dira-t-on, ont chacune leurs exigences spéciales.

Mais si l'atome s'accommode si facilement de toutes les altérations reçues au cours de la série illimitée des combinaisons chimiques, s'il y conserve inchangé son être essentiel, il est bien difficile de comprendre pourquoi il se montre si exigeant de la totalité de ses propriétés caractéristiques quand il reprend son état d'isolement, pourquoi aussi tout agent physique, chaleur, électricité, lumière, etc., doive lui assurer cet état accidentel normal. L'image, qui nous représente la décomposition comme une rupture des liens interatomiques, suggère une idée très simple du phénomène ; il semble cependant que le phénomène lui-même la déborde de toutes parts et rend ainsi l'explication moins aisée qu'on ne le croyait à première vue.

En second lieu, admettons même que l'avantage signalé soit réel dans le monde minéral, l'hypothèse de la persistance des atomes ne va-t-elle pas rencontrer, dans le monde des êtres vivants, des difficultés bien plus graves que les difficultés qu'elle croit avoir éliminées dans le monde inorganique ?

De deux hypothèses, l'une : ou bien les atomes perdent leur individualité en entrant dans l'être vivant, et la recouvrent au moment de la dissolution. Dans ce cas, la reviviscence des formes élémentaires, consécutive à la mort de la plante ou de l'animal, soulève les mêmes difficultés que dans les composés de la matière brute : la mort de l'animal ou de la plante pouvant être provoquée par la chaleur, par l'électricité, par un choc violent, etc.

Ou bien, seconde hypothèse, l'atome conserve son être individuel dans la plante et l'animal. Dans ce cas, ne supprime-t-on pas l'unité essentielle de tous les êtres doués de vie, y compris celle de l'homme, unité cependant si manifeste, si fortement attestée par la conscience ?

D'aucuns diront sans doute : il reste une troisième hypothèse et c'est justement à celle-là que nous nous rallions. La voici : dans le composé vivant, les atomes conservent la réalité de leurs formes essentielles, ainsi que la totalité de leurs propriétés. Mais la fonction principale de la forme ou le pouvoir fixatif de l'espèce disparaît sous l'empire du principe de vie. C'est ce principe déterminant supérieur qui surélève les atomes et les réduit à une unité d'un genre plus élevé sans leur enlever cependant la moindre parcelle de leur réalité. Or, dans cette hypothèse, la réapparition des formes élémentaires, au moment de la mort de l'animal ou de la plante, s'explique sans difficulté : ces formes, n'ayant rien perdu de leur réalité, doivent remplir leur rôle dès qu'elles recouvrent leur indépendance.

Nous discuterons plus loin cette opinion, que partagent d'ailleurs plusieurs scolastiques modernes [1]).

[1]) Cfr. nº 200.

184. Instance. — D'ordinaire, la stabilité d'un composé est en raison inverse de la complexité atomique. Plus l'édifice moléculaire comprend d'atomes, plus il est fragile. Ce fait semble indiquer la persistance des atomes. En effet, toutes les molécules des différents composés ont le même volume. Or, si la molécule est plus riche en atomes, il est clair que ces atomes se gênent mutuellement dans leurs mouvements propres, et perdent ainsi plus facilement l'équilibre qui est la condition même de la combinaison [1]).

Cette explication que l'on proclame si simple, nous paraît au contraire inadmissible. D'abord, peut-on attribuer aux molécules de tous les mixtes le même volume? Oui, s'il s'agit des corps gazeux et de leur volume apparent qui comprend, outre le volume moléculaire réel, les distances intramoléculaires. Or, on ignore quelle est la partie du volume apparent réellement occupée par la molécule ; quoi qu'on en dise, il n'est nullement prouvé que les atomes d'une grosse molécule sont plus rapprochés les uns des autres que les atomes d'une petite molécule [2]). Quant aux corps solides et liquides, l'identité du volume moléculaire ne peut être attribuée au volume apparent, et la question du volume réel est un problème à résoudre.

En second lieu, cette conception purement mécanique de la combinaison, où le rôle prépondérant est dévolu aux mouvements atomiques, est elle-même une hypothèse que des chimistes de grande valeur, notamment M. Ostwald, regardent comme insuffisante [3]). « Nous ne savons actuellement rien de précis, dit M. Nernst, ni sur la nature des forces qui main-

[1]) SCHAAF, *Institutiones cosmologicae*, p. 368. Romae, 1907.

[2]) Suivant M. Perrin, le volume occupé réellement par les atomes n'est qu'une infime partie du volume moléculaire apparent. « Je présume, dit-il, qu'on reste en dessous de la vérité, en admettant que la matière des atomes est contractée dans un volume au moins *un million de fois plus faible* que le volume apparent qu'occupent ces atomes dans un corps solide et froid. » PERRIN, *Les atomes*, pp. 226 et 253. Paris, Alcan, 1914.

[3]) OSTWALD, *L'évolution d'une science*, p. 15. Paris, Flammarion, 1909.

tiennent les atomes dans l'assemblage moléculaire et les empêchent de se disperser en obéissant à leur mouvement thermique, ni sur la loi de l'action de ces forces » [1]).

Enfin, ces diverses hypothèses sur lesquelles s'appuie l'interprétation fussent-elles vérifiées, la conclusion qu'on en tire serait encore illégitime.

C'est un fait général que, toutes choses égales, la distance diminue la force de résistance.

Dans les cristaux, par exemple, le clivage se pratique toujours entre les rangées de molécules les plus distantes les unes des autres.

De même, les corps qui ont un poids spécifique très élevé, et qui partant possèdent des molécules très rapprochées les unes des autres, ne sont point volatils ou ne le sont qu'à très haute température : preuve évidente qu'il est difficile de briser leurs liens intramoléculaires.

185. Troisième argument tiré de la persistance des propriétés atomiques dans le composé. — La plupart des propriétés physico chimiques demeurent inchangées au sein du composé, ou du moins n'y subissent que de légères modifications. Il est donc logique d'admettre que les éléments eux-mêmes y conservent leur être individuel [2]).

186. Critique. 1° Étude scientifique des propriétés. — Examinons les diverses propriétés dont on proclame l'invariabilité.

La *quantité* et le *poids*. Ces deux propriétés sont additives au sens rigoureux du terme, c'est-à-dire que le poids d'un composé est exactement la somme des poids des composants.

1) NERNST, *Traité de chimie générale*, 1 vol., p. 320. Paris, Hermann, 1911.

2) SCHAAF, *Institutiones cosmologicae*, p. 363 et passim. Romae, 1907. — LAMINNE, *Les quatre éléments : le feu, l'air, l'eau, la terre*, pp. 172 et suiv. Bruxelles, Hayez, 1904. — CHAROUSSET, *Le problème métaphysique du mixte* (*Revue de philosophie*, 1903).

Ce premier fait n'est pas pour nous étonner : suivant les thomistes, le poids et la quantité ont leur origine dans la matière première; ils en sont une suite naturelle. Or, la matière première demeurant nécessairement inchangée dans toutes les transformations essentielles, les propriétés, dont la matière est l'origine et la mesure, doivent l'être au même titre.

La chaleur spécifique est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'un corps. La chaleur spécifique d'une molécule composée, dit-on, est, chez les sels solides, la somme des chaleurs spécifiques des composants.

D'abord, cette règle n'est qu'approchée ; on pourrait même dire que tous les corps s'en écartent plus ou moins. « Les chaleurs spécifiques d'un grand nombre d'oxydes, de sulfures et d'autres composés, dit M. Senter, ont été mesurées aux basses températures dans le but de déterminer comment la loi du caractère additif des chaleurs spécifiques s'applique... Dans beaucoup de cas, les écarts de la loi additive sont considérables » [1]).

En second lieu, d'après la loi de Dulong et Petit, la chaleur spécifique des corps simples est en raison inverse du poids atomique, en sorte que le produit de l'une par l'autre constitue une constante. Il en résulte que cette propriété est dans une large mesure fonction du poids atomique et ultérieurement de la matière première. Si donc le poids atomique persiste dans le mixte, il serait même étonnant que la capacité calorifique subisse en général des altérations considérables.

Le volume moléculaire. A l'état gazeux, le volume moléculaire est le même pour toutes les substances considérées dans les mêmes conditions extérieures ; le volume dont il s'agit pour cette sorte de corps est le volume apparent.

La question de la relation du volume spécifique des liquides

[1]) SENTER, *Chimie générale et chimie physique (Les progrès de la chimie en 1912*, p. 11. Paris, Hermann, 1913).

et des solides avec la constitution ou la composition des corps, n'a été étudiée jusqu'ici avec soin que pour les combinaisons du carbone.

Quant aux *liquides*, on admet que le volume d'une molécule se déduit par la règle additive du volume des atomes. Pour obtenir ce résultat, il faut comparer les liquides, non pas à la même température, mais à leur point d'ébullition qui est spécial pour chacun d'eux.

De plus, il est à noter que cette règle comporte des exceptions nombreuses. « Les règles indiquées, dit M. Ostwald, amènent facilement l'esprit à donner aux corps simples, carbone, hydrogène et oxygène, qui constituent les combinaisons considérées jusqu'ici, des volumes atomiques déterminés dont la somme serait égale au volume moléculaire de la combinaison. Mais cela n'est pas absolument réalisable, les écarts devenant trop considérables. La propriété considérée n'est pas purement additive » [1]).

« De nombreuses recherches ont été faites, écrit M. Nernst, afin de trouver des régularités aux écarts, qui existent toujours et sont parfois assez considérables, entre les valeurs expérimentales et celles que l'on calcule par la voie additive » [2]).

Enfin, il resterait à établir que le volume moléculaire exprime le volume réellement occupé par la molécule. Or, cette question n'est pas encore résolue.

Les relations volumétriques des composés *solides* ont été trop peu étudiées pour qu'on puisse en inférer une conclusion certaine.

La réfraction moléculaire. Le chimiste Landolt a le premier énoncé ce principe : la réfraction moléculaire est une propriété additive ; c'est-à-dire, égale à la somme des réfractions atomiques.

[1]) Ostwald, *Abrégé de chimie générale*, p. 103. Paris, Carré, 1893. — Reychler, *Les théories physico-chimiques*, pp. 90-96. Bruxelles, Lamertin, 1903.

[2]) Nernst, *Traité de chimie générale*, 1 vol., p. 349. Paris, Hermann, 1911.

En réalité, la réfraction atomique n'est constante ou indépendante de la nature des autres éléments contenus dans la molécule, que pour des éléments monovalents. Chez les éléments plurivalents, la réfraction atomique varie d'une façon considérable, d'après la constitution du composé.

Les combinaisons gazeuses présentent aussi des divergences importantes. « On ne doit pas admettre, dit encore M. Ostwald, que les différences qui existent encore entre la mesure directe et le calcul ne proviennent que d'erreurs d'expériences. Bien plus, il ressort de cet ensemble de matériaux que ces différences existent en réalité... A côté de la sommation additive se placent des influences constitutives, et les éléments de la combinaison agissent différemment sur la réfraction moléculaire, suivant la façon dont ils sont combinés » [1]).

Tel est aussi l'avis de M. Nernst. Ces divergences, dit-il, « doivent provenir moins des erreurs d'observation que de ce que la réfraction moléculaire n'est pas une propriété rigoureusement additive, mais qu'elle dépend aussi des influences constitutives » [2]).

Enfin, il importe d'observer que « le volume moléculaire et la réfraction moléculaire apparaissent comme des grandeurs très analogues, puisque tous deux doivent être considérés comme proportionnels au volume rempli par les molécules » [3]).

La constante diélectrique, la réfraction électrique. L'action électrostatique que deux corps électrisés exercent l'un sur l'autre, varie avec la nature du milieu dans lequel ils se trouvent ; si ces corps s'attirent dans le vide avec une force K, cette force dans un autre milieu devient $\frac{K}{D}$; D est ce qu'on nomme la *constante diélectrique* du milieu considéré. « Cette

[1]) Ostwald, *ouv. cit.*, pp. 112 et 113.
[2]) Nernst, *ouv. cit.*, p. 361.
[3]) Id., *ouv. cit.*, p. 360.

constante est extraordinairement variable d'une substance à une autre et paraît très propre à caractériser dans une large mesure un grand nombre de substances.» Cette propriété n'est nullement additive.

A l'encontre de la réfraction optique, la réfraction électrique d'un composé ne se laisse point calculer par la réfraction électrique de ses composants [1]).

La rotation magnétique du plan de polarisation. Des corps transparents, introduits dans un champ magnétique ou à l'intérieur d'un sélénoïde, acquièrent temporairement, c'est-à-dire pendant le temps que dure l'excitation électrique ou magnétique, le pouvoir de faire tourner le plan de polarisation de la lumière.

« Lorsque l'on compare les rotations moléculaires de divers corps, on ne constate de caractère additif qu'en s'élevant dans les séries homologues : on trouve pour chaque groupe CH_2 une augmentation de 1.023 unités. La rotation moléculaire peut donc être représentée par $c + n$ 1.023, n étant le nombre des groupes CH_2 et c une constante qui a une valeur déterminée pour chaque série de combinaisons homologues [2]). Les

[1]) Nernst, *ouv. cit.*, p. 364.

[2]) Ostwald, *Abrégé de chimie générale*, pp. 120-121. Paris, Carré, 1893.
On peut faire les mêmes remarques au sujet d'autres phénomènes.

La chaleur de combustion. Moyennant certaines hypothèses, on est parvenu à calculer la chaleur de combustion d'un composé organique en partant de la chaleur de combustion des atomes constitutifs. Les résultats se montrent satisfaisants, par exemple, pour les hydrocarbures de la série grasse qui ont même constitution.Ce fait se comprend aisément, si l'on se rappelle que ces hydrocarbures ne diffèrent l'un de l'autre que par un même chaînon CH_2. « Mais les influences évidentes de la diversité de la constitution se manifestent avec certitude par la valeur différente des chaleurs de combustion, qui peut être mise en parallèle avec les variations, toutefois plus marquées, d'autres propriétés physiques (particulièrement des constantes de dissociation). » Cfr. Nernst, *ouv. cit.*, p. 370.

Point d'ébullition. Pour les hydrocarbures de la série des corps gras qui ne diffèrent l'un de l'autre que par un chaînon CH_2, on a pu aussi déter-

constantes *c* sont de caractère complètement constitutif... On n'a pas trouvé jusqu'ici de relation générale entre cette constante et la constitution chimique des composés »[1]).

Que des ajoutes successives d'un chaînon CH_2 à des corps de constitution chimique semblable, déterminent dans la rotation magnétique du composé des modifications exprimables par la loi additive, c'est là un fait naturel qui pouvait être l'objet des prévisions scientifiques. On ne voit pas, en effet, pourquoi des causes équivalentes devraient produire des effets différents, à moins que la constitution même du corps auquel se font ces ajoute, ne modifie l'effet produit : l'expérience confirme cette réserve.

Le magnétisme moléculaire, c'est-à-dire le magnétisme spécifique rapporté à celui de l'eau pris comme unité et multiplié par le poids moléculaire, a pu être calculé par sommation des *magnétismes atomiques* convenablement choisis : il s'est montré nettement additif. Mais il subit lui aussi, dans une certaine mesure, l'influence de la constitution du corps, en ce sens que la présence de doubles liaisons dans la molécule paraît augmenter le diamagnétisme[2]).

Absorption de la lumière. « Le pouvoir absorbant des substances varie avec leur nature entre des limites très écartées et de la façon la plus diverse. » Une modification légère de la structure moléculaire peut même entraîner une variation con-

miner d'une manière approximative l'élévation du point d'ébullition produite par l'ajoute successive d'un chaînon CH_2. Il serait cependant faux de dire que l'élévation est régulièrement la même pour chaque ajoute ; elle subit au contraire des variations parfois importantes.

Point de fusion. Le même calcul a été fait pour le point de fusion. Or, à ce point de vue, on constate des différences considérables entre les résultats des ajoutes successives d'un chaînon CH_2, quand il s'agit de la série des acides gras, tandis qu'une régularité plus accentuée se manifeste dans la série des hydrocarbures. Cfr. NERNST, *ouv. cit.*, pp. 378-380.

[1]) OSTWALD, *ouv. cit.*, p. 121.

[2]) NERNST, *ouv. cit.*, pp. 365-366.

sidérable de la faculté d'absorption [1]). Cette propriété ne présente pas de caractère additif.

Propriétés spectrales. « Que chaque espèce de molécules, atome isolé ou combinaison chimique, ait son spectre particulier, c'est, dit M. Nernst, ce dont on ne peut douter, mais, ajoute-t-il, ce n'est que rarement que l'on peut répondre avec certitude à la question de savoir, à quelle espèce de molécules correspond un spectre observé » [2]). On constate en effet que le spectre d'un même élément subit des variations plus ou moins grandes avec la température et la pression.

L'affinité chimique. Cette propriété est certainement la plus importante de toutes les propriétés chimiques de la matière. C'est elle surtout qui; même chez les partisans du mixte-agrégat, sert de base à la classification et à la distinction des corps simples.

Les affinités des éléments, dit-on, persistent dans le composé avec leur caractère distinctif ; les altérations qu'elles y subissent n'engagent que l'intensité de leur énergie.

Cette question est cependant beaucoup plus complexe qu'on ne le croit.

Examinons, par exemple, le sulfate de baryum $BaSO_4$. Les éléments dont il est constitué, le baryum, l'oxygène et le soufre, ont leur place en chimie, notamment les deux premiers, parmi les substances lés plus actives. Leurs puissantes affinités peuvent se mesurer partiellement par l'énorme dégagement de chaleur qui accompagne leurs combinaisons. Par contre, le composé $BaSO_4$, issu de leur interaction, est le corps le plus inerte que l'on connaisse. Indifférent à l'égard des réactifs ordinaires et de la plupart des corps simples, il faut pour le tirer de son inertie naturelle, lui restituer en

[1]) Nernst, *ouv. cit.*, p. 389.
[2]) Id., *ouv. cit.*, p. 218.

partie l'énergie qu'il a perdue; et dans ce cas, il n'est encore susceptible que d'un très petit nombre de transformations directes. Voilà un premier fait : changement profond des affinités, indifférence complète substituée aux activités les plus intenses.

Les affinités n'ont pas changé, dit-on. L'oxygène du sulfate de baryum ne se combine à aucun corps pour lequel l'oxygène ordinaire n'a point de sympathie.

Admettons provisoirement cette assertion, et supposons que l'oxygène combiné n'a pas d'inclinations nouvelles. Il n'en est pas moins vrai qu'il témoigne actuellement d'une indifférence absolue à l'égard d'une multitude de corps compris cependant dans le cercle d'affinités de l'élément libre. Or, au point de vue de la spécificité de cette propriété, il importe peu que l'élément considéré gagne des affinités nouvelles ou perde une partie de celles qui le distinguent. L'importance du changement reste la même.

Ces affinités amoindries, ajoute-t-on, peuvent revivre.

Oui, à la condition de réintégrer les éléments dans leur état énergétique primitif, de leur restituer la chaleur ou l'électricité dont ils furent dépouillés [1]).

Sans doute, pour diminuer la haute portée de ce phénomène, on a soin d'invoquer l'influence de la température sur l'exercice de l'affinité. Aux très hautes températures on voit se combiner directement des éléments qui se séparent spontanément aux températures inférieures, tandis qu'aux très basses températures, les corps qui réagissent le plus vivement à la température ordinaire, comme la potasse et l'acide sulfurique, sont complètement inertes.

Ce fait n'infirme nullement notre conclusion. L'exercice de l'affinité chimique, comme de toute force d'ailleurs, est soumis à certaines conditions extérieures. Nous le concédons

[1]) OSTWALD, *L'évolution d'une science, la chimie*, p. 15, Paris, Flammarion, 1909.

volontiers ; seulement il ne s'agit pas ici de l'influence de ces agents extérieurs. Les différences que nous avons signalées se manifestent entre le sulfate de baryum et ses constitutifs isolés, les uns et les autres considérés à la même température thermométrique. Elles proviennent donc de l'état interne du composé. Or, bien que ramenés aux mêmes circonstances physiques de température et de pression, les éléments isolés et les mêmes éléments combinés ont des allures chimiques si différentes, que jamais on ne leur accorderait une même nature, si l'on ne parvenait à leur restituer, avant leur mise en liberté, ce que la combinaison leur avait enlevé.

Nous nous trouvons donc ici en présence d'une altération profonde et incontestable des affinités.

Il y a plus : à en croire nos adversaires, les éléments n'acquièrent jamais dans le composé d'affinités nouvelles.

Est-ce bien certain ? Bon nombre de faits ne semblent-ils pas établir de véritables changements, même dans l'orientation des affinités ?

L'azote n'a pas d'affinité pour l'acide chlorhydrique HCl et l'hydrogène n'en a pas davantage. Cependant, une fois unis, sous forme d'ammoniaque NH_3, ces deux corps se combinent vivement avec HCl et nous donnent le chlorure d'ammonium NH_4Cl.

Or, ce fait n'est pas un cas exceptionnel : l'ammoniaque se combine avec la multitude illimitée des acides minéraux et organiques.

Ainsi en est-il des autres éléments relativement aux composés ; très souvent les mêmes éléments qui n'ont, à l'état individuel, aucune affinité pour tel composé, manifestent au contraire une affinité très vive, lorsqu'ils sont combinés entre eux. L'oxygène n'a pas d'affinité pour l'hydroxyde de potassium KOH, mais combiné au carbone sous forme de CO ou de CO_2, il s'y unit facilement pour former un carbonate neutre ou acide.

Bien plus, même dans des combinaisons formées avec un

dégagement de chaleur relativement petit, les éléments peuvent exercer des fonctions où ils manifestent des affinités réellement nouvelles [1]), telles les fonctions de bases, d'acides, etc. : le soufre et l'hydrogène isolés n'ont pas de sympathie pour l'ammoniaque ; il en est tout autrement lorsqu'ils sont combinés sous forme d'acide sulfhydrique H_2S ; ces deux corps s'unissent spontanément et nous donnent NH_4HS ou $(NH_4)_2S$, le sulfhydrate ou le sulfure d'ammonium.

Notons qu'il ne s'agit pas ici d'une affinité latente développée par la chaleur ou d'autres agents physiques ; à dessein nous avons choisi des combinaisons réalisées à température ordinaire.

Autres propriétés. Quant aux autres propriétés physiques, tels la solubilité, le poids spécifique, l'état naturel, le point de volatilisation, la saveur, l'odeur, les propriétés acoustiques, la conductibilité électrique et calorifique, le pouvoir absorbant et émissif, etc., on peut affirmer qu'elles subissent en général des altérations profondes. Il suffit d'ailleurs, pour s'en convaincre, de comparer à ce point de vue les propriétés du chlorure de sodium NaCl et de ses constitutifs chlore et sodium, celles de l'eau et de ses composants oxygène et hydrogène, etc. [2]).

[1]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 308. Paris, Flammarion, 1908.

[2]) La question des relations entre les propriétés du composé et celles des constituants a été longuement traitée par M. Nernst dans son ouvrage de *Chimie générale*. D'accord en cela avec la plupart des chimistes, ce savant distingue trois sortes de propriétés : les propriétés additives, constitutives et molaires. Cfr. Nernst, *Traité de chimie générale*, p. 395.

On appelle *additives* celles qui semblent être la somme des propriétés inchangées des composants. A parler rigoureusement, dit-il, il n'y a que la masse ou le poids qui soit une propriété additive. Pour toutes les autres propriétés additives, on constate d'ordinaire certains écarts entre les propriétés individuelles des éléments et celles du composé qui les contient. Ces écarts, ajoute-t-il, se retrouvent aussi dans les mélanges, mais ils sont ordinairement moins considérables que dans les combinaisons chimiques, et il est probable que dans les cas où ces écarts paraissent plus importants, ils ont

187. 2° Résumé et conclusion de cette analyse. — En résumé, il n'existe qu'une seule propriété qui soit réellement additive, c'est le *poids* ou la quantité. Or, on ne peut tirer de ce fait aucune conclusion en faveur de la persistance des éléments dans le mixte, puisqu'il se justifie tout aussi bien dans l'hypothèse de l'unité essentielle du composé.

Même conclusion pour la *chaleur spécifique ;* sa dépendance évidente à l'égard du poids et partant de la matière première explique suffisamment sa persistance dans le mixte, quelle qu'en soit d'ailleurs la nature.

Comme principales propriétés additives, on cite encore : le *volume moléculaire*, la *réfraction moléculaire,* la *rotation magnétique du plan de polarisation,* le *magnétisme moléculaire.* Remarquons à ce sujet que d'après les chimistes les plus compétents en la matière, aucune de ces propriétés n'est rigoureusement additive. Dans tous les cas, on constate des écarts qui ne peuvent être mis au compte des erreurs d'expériences.

pour cause certaines combinaisons chimiques produites au sein du mélange. « Ceci n'a rien de surprenant, car l'influence réciproque des propriétés doit être beaucoup moindre dans le *simple rapprochement* qui forme le mélange physique que lorsque les atomes sont réunis en une combinaison chimique. »

On appelle *constitutives* les propriétés qui dépendent de la constitution même du composé. Cfr. Ostwald, *Abrégé de chimie générale,* p. 105. Paris, Carré, 1893. Elles ne représentent plus la moyenne des propriétés des éléments constitutifs. « La façon dont les atomes s'influencent mutuellement dans la combinaison dépend, dit encore M. Nernst, de leur mode de liaison, c'est-à-dire de leur constitution et de la configuration du composé. » L'absorption de la lumière, l'activité optique, le pouvoir rotatoire, le point de fusion comptent parmi les propriétés constitutives les mieux caractérisées.

Il est une troisième catégorie de propriétés appelées, d'ordinaire, propriétés *molaires.* Celles-ci ne dépendent ni de la nature des atomes de la molécule, ni de leur mode d'enchaînement, mais du poids total des molécules et de leur nombre. Un même nombre de molécules gazeuses, quelles que soient leur nature et leur grandeur, détermine une même pression dans les mêmes conditions physiques. De même, la pression osmotique dans une solution est proportionnelle au nombre des molécules dissoutes et ne dépend aucunement de leur nature. Certains auteurs, entre autres M. Delbet, donnent à ces propriétés le nom de propriétés *colligatives.* Cfr. Delbet, *La science et la réalité,* p. 305. Paris, Flammarion, 1913.

Pour certaine propriété, tel le magnétisme moléculaire, les changements apportés par la combinaison sont peu profonds. Pour les autres, nous avons vu dans quelles limites restreintes et avec quelles importantes réserves on les dit additives.

Par contre, les propriétés spectrales, la constante diélectrique, la réfraction électrique, l'absorption de la lumière sont beaucoup plus favorables à l'hypothèse de l'unité du mixte qu'à l'hypothèse contraire.

Les *affinités chimiques* sont soumises à des changements profonds et voient même se restreindre ou s'étendre leur champ d'action.

Enfin, tout un groupe d'autres propriétés physiques sont susceptibles d'altérations tellement sensibles qu'elles tombent sous les prises de l'observation directe.

En général, il est donc permis d'affirmer qu'au cours des réactions chimiques les propriétés des éléments subissent, pour la plupart, des changements notables.

Tel est aussi l'avis de M. Ostwald, l'un des chimistes qui aient le mieux étudié les propriétés des composés et leurs relations avec celles des éléments composants. « L'hypothèse atomique, dit-il, présente une difficulté essentielle qui n'avait pas échappé à Boyle. Si les atomes restaient inaltérés dans leurs combinaisons, il serait naturel que les propriétés des combinaisons fussent les sommes ou les moyennes valeurs convenablement formées des propriétés des éléments. Boyle avait déjà tiré cette conclusion de l'hypothèse qu'il acceptait, car à plusieurs reprises, il s'étonne que les phénomènes chimiques réels ne soient pas conformes à cette vue. Il est surpris, par exemple, que les propriétés si frappantes des acides et des bases disparaissent quand ces corps s'unissent pour former un sel.

« Cette difficulté de l'hypothèse atomique n'a pas encore été écartée jusqu'à présent, mais nous nous sommes entre-temps si bien habitués à cette contradiction, qu'elle ne nous gêne plus guère. Nous nous contentons de considérations

générales : les propriétés des substances peuvent dépendre d'une façon quelconque des oscillations ou des mouvements variés des atomes, et par la combinaison de plusieurs atomes entre eux, ces mouvements peuvent changer. Mais par ces considérations on n'a pas encore trouvé de résultats exacts ou généraux » [1]).

Ailleurs, il écrit : « On dit, d'ordinaire, que les éléments persistent dans les composés. Cette expression doit être prise, non point dans son sens obvie, mais dans un sens plus restreint. En général, les combinaisons chimiques s'accompagnent de changements notables des propriétés. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer d'une part le sodium et le chlore, et d'autre part, le sel de cuisine qui en résulte. Et comme chaque élément est déterminé par la somme de ses propriétés, il ne peut être question, si l'on se place au point de vue des propriétés, de la persistance des éléments dans le composé chimique. Bien plus, cette persistance consiste exclusivement dans la possibilité pour l'élément de pouvoir réapparaître au sortir de ses combinaisons en quantité inchangée » [2]).

Malgré les travaux entrepris jusqu'ici au sujet des propriétés des composés, M. Bouty, qui certes ne manque pas de compétence en la matière, ne croit pas davantage à l'invariabilité des propriétés essentielles des atomes.

« Au fond, écrit-il, qu'est-ce qui peut nous autoriser à dire que le chlore et l'hydrogène subsistent dans l'acide chlorhydrique ? Je sais bien que, de fait, on peut avec de l'acide chlorhydrique régénérer du chlore et de l'hydrogène, mais seulement en restituant de l'énergie. Puisque les propriétés de l'acide chlorhydrique diffèrent totalement de celles de l'hydrogène et du chlore séparés ou mêlés ensemble, j'ai le droit de

[1]) Ostwald, *L'évolution d'une science, la chimie*, p. 15. Paris, Flammarion, 1909.

[2]) Id., *Vorlesungen über Naturphilosophie*, S. 287. Leipzig, Veit, 1902.

considérer cet acide comme une matière homogène au même titre que ses constituants » [1]).

« Lorsqu'un métal réagit sur un métalloïde, écrit M. Nernst, il se forme quelque chose de nouveau et de particulier. Une substance telle que le chlorure de sodium présente les plus grandes différences avec ses composants » [2]).

188. Instance. — La loi additive, il est vrai, ne se vérifie pas pour toutes les propriétés des composés. Mais les écarts que l'on constate ne se rencontrent-ils pas aussi dans les mélanges, où, tous en conviennent, les composants conservent leur individualité respective ?

189. Réponse. — Il est indéniable que dans le simple mélange, les propriétés des constituants subissent parfois certaines altérations. Mais, de l'aveu des chimistes, ces altérations sont, en général, beaucoup moins considérables que dans les combinaisons, et là où elles semblent d'une plus grande importance, on peut souvent y découvrir une influence chimique. « Qu'il y ait fréquemment, dit M. Nernst, surtout lorsque l'eau est l'un des liquides, une action chimique, c'est-à-dire formation de nouvelles molécules ou décomposition de molécules existantes, c'est ce qui est maintenant hors de question, et on sait aussi que ces réactions sont le plus souvent incomplètes... Peut-être pourrait-on soutenir que lorsque les propriétés du mélange s'écartent de la moyenne de celles des composants, une action chimique est vraisemblable, et que dans de tels mélanges on peut constater un certain parallélisme entre les écarts des diverses propriétés » [3]).

Ailleurs, il écrit encore : « Les propriétés physiques d'un mélange de deux gaz sont intermédiaires entre celles des

[1]) Bouty, *La vérité scientifique*, p. 308. Paris, Flammarion, 1908.
[2]) Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 461. Paris, Hermann, 1911.
[3]) Id., *ibid.*, t. I, pp. 117-118. Paris, Hermann, 1911.

composants, tandis que celles d'une combinaison de deux gaz sont très différentes à divers points de vue » [1]).

§ 4

Arguments dont peut se réclamer la deuxième opinion

190. **Argument tiré de la finalité immanente des êtres corporels.** — La finalité immanente a toujours été, pour Aristote [2]) et pour tous ceux qui plus tard partagèrent ses idées, la preuve la plus décisive et la plus manifeste de sa théorie cosmologique.

La nature entière, disait le Stagirite, se trouve ordonnée. Tout y a sa place marquée et son rôle à remplir. Chaque être tend d'une manière stable vers un but déterminé. Il faut donc qu'il y ait en lui un principe foncier d'inclination qui détermine ses notes spécifiques, fixe sa sphère d'action, règle les conditions, le mode et le sens de ses activités.

Mais la substance, d'elle-même inactive, ne peut atteindre ses fins naturelles sans le secours de puissances accidentelles émanées de son sein et dépositaires de ses énergies. C'est pourquoi tout corps est orné d'un certain nombre de qualités propres qui sont l'image fidèle de sa nature.

La finalité immanente implique de la sorte l'existence de puissances actives et passives, *appropriées* à chaque espèce et nécessairement inhérentes au fonds substantiel.

Pour Aristote, « c'est même cette corrélation constante entre l'essence de l'être, son opération et le terme auquel elle aboutit, qui constitue le caractère fondamental de la finalité : grâce à cette corrélation, le terme prend la valeur d'une fin vis-à-vis de la nature dont il tire son origine » [3]).

[1]) NERNST, *ouv. cit.*, p. 400.

[2]) ARISTOTELES, *Physicorum*, Lib. II, c. 8. Édit. Didot. II vol. Paris, 1883.

[3]) Cfr. MANSION, *Introduction à la physique aristotélicienne*, p. 149. Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1913.

Or, cette théorie, d'une portée capitale pour le péripatétisme, semble contredire les idées nouvelles sur la nature des composés inorganiques.

Les corps simples, dont on proclame hautement l'unité individuelle, ne donnent jamais naissance à une combinaison définie sans subir des modifications plus ou moins profondes, en rapport avec l'intensité de leurs affinités mutuelles. Ils se revêtent de propriétés nouvelles au triple point de vue chimique, physique et cristallographique. En science, on donne même aux composés le nom d'*espèces,* tant leurs caractères sont distincts et permanents.

On apporterait de ce fait des milliers d'exemples. Chauffez modérément, dans un bocal, du mercure liquide et de l'oxygène gazeux. Bientôt le liquide et le gaz disparaissent comme tels et se transforment en une poudre rouge très dense, insoluble dans l'eau, qu'on appelle oxyde de mercure.

Dans cette intégration nouvelle, le mercure et l'oxygène sont physiquement méconnaissables, et l'amoindrissement considérable de leurs affinités fait soupçonner la profondeur des altérations subies. Aussi, désormais ce corps réagira comme une espèce nouvelle. Soumettez le à l'action du chlore, gaz verdâtre, irrespirable, presque insoluble dans l'eau, et des plus virulents. La poudre rouge disparaît graduellement et se métamorphose en une poussière blanche plus légère et très soluble, appelée chlorure de mercure. Le chlore s'est substitué à l'oxygène pour constituer un composé radicalement différent du précédent sous le rapport des propriétés chimiques et physiques.

Ces transformations peuvent se multiplier à l'infini, et à chaque étape de son évolution, l'élément considéré, le mercure, prend une physionomie nouvelle, c'est-à-dire, les traits distinctifs du composé dont il fait partie.

A supposer, comme on le soutient, que le mercure conserve dans tous ces composés chimiques si divers son individualité propre, que la molécule de ces synthèses est un

agrégat d'atomes immuables, cet élément jouirait donc de l'aptitude étonnante à revêtir toutes les propriétés possibles des corps sans perdre sa nature distinctive. Il deviendrait une sorte de caméléon dont les métamorphoses toujours superficielles suivraient les caprices des circonstances. Ainsi en sera t-il de tous les corps simples, car tous sont susceptibles de nombreuses évolutions.

Or, que devient, dans cette hypothèse, la connexion nécessaire, intrinsèque, entre les propriétés d'un être et sa nature, connexion si impérieusement réclamée par le fait de la finalité ? Où trouver encore l'appropriation réelle des puissances à la nature de l'être, si celui-ci n'a plus d'autre destinée que de servir de substrat indifférent aux multiples modifications que les circonstances viennent y réaliser ? [1])

[1]) « Il ne nous paraît pas, écrit Domet de Vorges, que le principe de finalité ou l'harmonie de la doctrine soient compromis parce qu'il y aurait moins d'espèces philosophiquement spécifiques qu'on ne l'avait cru. Le point fondamental est de savoir si les propriétés des êtres sont réellement irréductibles à des propriétés plus profondes... Pour les propriétés de la matière, la philosophie ne peut rien affirmer, croyons-nous, sur un fondement qu'on ne puisse contester. » Cfr. *Annales de philosophie chrétienne*, 1898-1899, t. XXXIX, p. 462.

La critique de notre contradicteur a plus d'un point faible.

D'abord, il nous semble très peu scientifique de réduire à des propriétés plus profondes, absolument inconnues jusqu'ici, les forces connues de la matière. Pour notre part, nous ne connaissons pas un fait qui nous autorise à supposer l'existence de ces principes cachés dans les profondeurs de l'être. Cette hypothèse est pour le moins gratuite.

En second lieu, loin d'y voir une question fondamentale, nous croyons que, dans le cas présent, il est inutile de s'en préoccuper. Que les propriétés constatées soient primordiales ou non, il est indéniable qu'elles subissent des modifications considérables à chaque étape de l'évolution de la matière. Or, si un même corps simple, en passant par des milliers de composés divers, peut être le sujet de milliers d'altérations les plus disparates sans changer jamais sa nature intime, quelles seront donc les propriétés manifestatives de la nature ? Les propriétés des éléments à l'état de liberté, aussi bien que les propriétés modifiées au cours des réactions chimiques, n'auront aucun lien nécessaire avec le fonds substantiel, puisque l'élément se montre indifférent à leurs changements.

Les forces primitives plus profondes, dit-on, restent inchangées. Erreur

Pour éviter ces conséquences, veut-on diminuer l'importance des changements subis par les corps simples au cours de leur évolution progressive ; dire, par exemple, que les propriétés des substances élémentaires sont seules vraiment spécifiques, et n'accorder à celles des composés qu'un caractère transitoire ?

Les faits eux-mêmes protestent contre pareille interprétation. Comme nous l'avons montré plus haut, si certaines propriétés ne subissent que des changements superficiels, d'autres, au contraire, très nombreuses et des plus importantes, telles, notamment, les affinités chimiques, se trouvent notablement altérées par la combinaison. « Dans les exemples précédents, écrit le P. De Munnynck, on voit que les propriétés essentielles des éléments en combinaison sont totalement modifiées et que les opérations de chaque atome sont solidaires de tous les atomes réunis dans la molécule. Il n'en faut certes pas davantage pour conclure à une transformation essentielle des composants » [1]).

Au surplus, dans l'hypothèse où les qualités acquises par les corps aux différents stades de leur évolution fixeraient simplement les étapes de transition, certains éléments n'auraient jamais de qualités conformes à leur nature. On sait en effet que, pour bon nombre de corps simples, l'état de

manifeste ; car toutes les énergies visibles du corps, fussent-elles déterminées par le concours d'autres énergies placées à l'arrière-plan, ne sauraient être altérées et déprimées sans que les énergies concourantes en éprouvassent le contre-coup. Le nier reviendrait à doter les êtres de propriétés profondes complètement inutiles. A quoi serviraient-elles, si elles ne prennent jamais part aux échanges d'activités dont le monde est le théâtre ?

La perte de chaleur et d'électricité qui accompagne la combinaison, se fait donc incontestablement à leurs dépens, et dès lors, notre conclusion garde toute sa valeur.

[1]) De Munnynck, *Notes sur l'atomisme et l'hylémorphisme (Revue thomiste,* 1897), p. 588.

combinaison est tellement naturel qu'on ne les rencontre point en liberté [1]).

191. **Objection.** — La finalité immanente des éléments a pour conséquence, dit-on, l'unité essentielle des composés. En d'autres termes, si l'union des éléments constitutifs était purement accidentelle, le composé ne serait plus la fin naturelle et intrinsèque des masses élémentaires, et par suite, la constance de ses propriétés caractéristiques deviendrait inexplicable.

Cette conclusion paraît injustifiée. Il ne répugne nullement que les éléments tendent, en vertu d'une inclination intrinsèque, à s'unir accidentellement, c'est-à-dire à modifier plus ou moins leurs propriétés sans changer leur être individuel, et même à réaliser ces altérations mutuelles suivant des lois fixes, bien déterminées qui sont elles-mêmes fonction de la finalité immanente. Dans cette hypothèse, les composés seraient encore des espèces réelles mais au sens large que leur attribuent les sciences physico-chimiques [2]). Et leur fixité comme aussi leur constance se comprendraient tout aussi bien que dans l'hypothèse de l'unité essentielle.

[1]) Le R. P. Schaaf rétorque l'argument comme suit : si les éléments ne conservent pas dans le mixte leur forme substantielle, ils se trouveront dans une condition encore moins avantageuse, puisqu'ils ne posséderont jamais leur être substantiel propre. — *Institutiones cosmologicae*, p. 360, Romae, 1907.

Cette critique est une critique à côté. Il n'y a aucun inconvénient en effet, à ce qu'un élément, destiné à faire toujours partie d'un composé, n'y trouve qu'une existence virtuelle et des propriétés en rapport avec ce mode d'existence. Cet état sera pour lui un état absolument normal. Mais il est inadmissible, au contraire, qu'un élément, conservant son être substantiel, n'ait jamais les propriétés naturelles que réclame cet être, ou qu'il s'accommode de toutes les propriétés imaginables. Pareil état lui serait antinaturel. D'évidence, cet argument suppose que la combinaison a pour résultat des changements notables dans les propriétés des éléments constitutifs du mixte.

[2]) Schaaf, *Institutiones cosmologicae*, p. 357. Romæ, 1907. — Charousset, *Le problème métaphysique du mixte (Revue de philosophie*, 1903), pp. 680 et suiv.

192. **Réponse.** — Sans doute, pour avoir rejeté l'unité substantielle du mixte, les partisans de la distinction spécifique des éléments ne doivent point, du même coup, livrer aux caprices du hasard tous les changements dont la nature est le théâtre.

Bien plus, à ne considérer que tel ou tel composé dans ses relations avec ses générateurs immédiats, il n'est même pas toujours évident que la finalité immanente ne puisse se concilier avec l'hypothèse du mixte agrégat.

Mais ce que l'on ne comprend plus, c'est qu'un même corps, tel le carbone, puisse faire partie successivement des deux cent mille composés que compte actuellement la chimie organique, subir toutes les vicissitudes de cette évolution si compliquée, concourir aux fonctions chimiques les plus diverses, et conserver intactes cependant sa nature essentielle, ses affinités caractéristiques et l'ensemble des propriétés physico-chimiques qui en sont l'expression. Si, malgré tous les changements réalisés par le chimiste ou produits par l'activité spontanée des cinq ou six corps simples qui donnent naissance à la multitude des composés organiques, le décor accidentel du carbone n'a pas encore été suffisamment modifié pour en déterminer la transformation, on se demande, et à bon droit, à quoi se réduit cette connexion nécessaire entre l'être et ses propriétés distinctives, connexion si impérieusement exigée par la finalité immanente.

Car, redisons-le, pour Aristote, saint Thomas et les principaux scolastiques, la finalité immanente est avant tout une juste harmonie entre le fonds substantiel d'un être et ses propriétés, une adaptation réciproque si intime que les unes soient l'épanouissement, l'efflorescence naturelle de l'autre, une détermination enfin dans la manière d'être et d'agir qui a sa source et sa mesure première dans la substance même de l'être.

Entre la finalité ainsi entendue et la possibilité illimitée des changements admise par nos adversaires, il y a donc, à notre avis, une opposition radicale.

D'autre part, supprimer la finalité intrinsèque, c'est supprimer l'unique cause explicative de la *constance* et de la *stabilité* des composés.

« La stabilité de ces prétendus agrégats et leur incontestable unité relative, écrit le R. P. De Munnynck, sont bien encombrantes pour qui n'accepte pas l'unité substantielle du composé » [1]).

193. **Instance.** — A en croire plusieurs chimistes de marque, notamment M. Nernst [2]), les forces chimiques sont d'une autre nature que les forces physiques. Qu'y a-t-il donc d'étonnant que, sous l'empire de pareilles énergies, les éléments réalisent des unions accidentelles très différentes des unions physiques ordinaires ? Qu'y a-t-il d'étonnant que ces unions revêtent des caractères nouveaux et réellement propres, soient soumises, par exemple, à des lois de poids ou de volume, témoignent de changements plus profonds, offrent en général plus de stabilité? L'entrée en scène de cette cause nouvelle ne nous permet-elle pas de concilier la finalité intrinsèque des éléments et leur invariabilité essentielle dans le mixte ?

194. **Réponse.** — Au point de vue exclusif de la finalité, il importe peu que les forces chimiques s'identifient avec les énergies physiques ou s'en distinguent essentiellement. Nous n'avons à considérer ici que le seul fait des changements successifs subis par un même élément au cours de ses diverses combinaisons, quelle qu'en soit d'ailleurs la cause réelle, immédiate Ces altérations sont-elles compatibles avec les exigences des natures spécifiques? telle est la seule question à résoudre actuellement. L'hypothèse de la spécificité des forces chimiques est donc non-avenue.

[1]) De Munnynck, *Notes sur l'atomisme et l'hylémorphisme (Revue thomiste,* 1897), p. 586.

[2]) Nernst, *Traité de chimie générale,* vol. I, pp. 41-320 et passim. Paris, Hermann, 1912.

Il y a plus ; cette hypothèse, loin d'infirmer notre opinion, vient lui donner une confirmation inattendue.

Si, comme nous le soutenons, la combinaison chimique est un phénomène qui engage la substance même des êtres, il est naturel, pour ne pas dire nécessaire, que des énergies nouvelles, distinctes des énergies physiques ordinaires, interviennent pour le réaliser. La distinction profonde des effets nous laisse naturellement soupçonner la distinction des causes.

195. Deuxième argument, tiré de l'unique critérium de spécification en usage dans le monde inorganique. — Pour atteindre la nature intime des êtres, une seule voie s'offre à notre intelligence : l'étude de leurs traits distinctifs, de leurs manifestations accidentelles. Telle est en fait l'origine de toutes les classifications établies par le philosophe et le savant.

Ce procédé, disent les adversaires de l'unité essentielle des mixtes inorganiques, nous conduit à la distinction spécifique des substances élémentaires. Mais pareille conclusion ne peut s'affirmer des composés chimiques : leurs propriétés, quelles qu'elles soient d'ailleurs, ne sont point des signes révélateurs d'une nature nouvelle.

Eh bien ! c'est justement cette réserve qui nous paraît inadmissible.

Les composés, nous l'avons dit, possèdent tout aussi bien que les substances élémentaires un signalement scientifique qui nous permet de les distinguer sûrement. Chacun d'eux a sa forme cristalline spécifique, des qualités optiques, électriques, calorifiques propres, des affinités chimiques nettement définies ; et sous le rapport de la stabilité, ces propriétés ne le cèdent en rien aux propriétés des éléments [1]).

[1]) Selon Domet de Vorges, cette critique ne serait pas fondée. « On affirme, dit-il, que dans l'eau il y a des propriétés réellement nouvelles par

D'ailleurs, pour mettre en évidence l'illogisme de cette exception, il nous suffira, croyons-nous, d'étudier dans le détail de ses manifestations l'une des propriétés les plus saillantes de la matière, l'affinité chimique.

D'après plusieurs adversaires de notre opinion, notamment le P. Schaaf, il y a lieu d'établir, non seulement entre les *substances* des éléments, mais entre leurs groupes de *propriétés*,

rapport à l'oxygène et à l'hydrogène qui la constituent. Jamais on n'a essayé de montrer que ces propriétés sont vraiment et intrinsèquement nouvelles et ne peuvent pas être la résultante du concours de certaines propriétés plus profondes. » Cfr. *Annales de philos. chrét.*, t. XXXVIII, avril-septembre 1898, p. 695.

M. de Vorges, sans s'en douter, déplace la question.

Il ne s'agit pas de savoir si les propriétés des éléments sont réellement remplacées dans le composé par des propriétés nouvelles, mais de montrer qu'elles y ont subi des altérations profondes. Or les dégagements de chaleur, de lumière, d'électricité et les phénomènes mécaniques qui accompagnent la combinaison prouvent d'une manière évidente l'existence de ces modifications ; ils nous en donnent même une mesure exacte. Ce fait suffit pour établir notre conclusion.

Les scolastiques que nous combattons ici, sont unanimes à placer une distinction spécifique entre les corps simples de la chimie. Tous ne soutiennent point cependant que chacune de ces substances élémentaires possède des propriétés spécifiques absolument étrangères aux autres espèces. Pour plusieurs, la seule distinction constatable se traduit par des différences quantitatives, par des conditions spéciales d'activité, par un ensemble de caractères fixes, toujours les mêmes pour une espèce donnée. En un mot, la constance des différences quantitatives a sa raison d'être dans une diversité de nature substantielle. Telle est aussi, croyons-nous, la conception vraie de la distinction spécifique des corps simples.

Quoi qu'il en soit, dès là qu'on observe entre les composés et leurs générateurs une diversité de propriétés tout aussi grande et aussi stable qu'entre les corps simples eux-mêmes, le critérium de spécification doit s'appliquer aux uns et aux autres. Il faut regarder le composé comme une espèce nouvelle ou se prononcer pour l'homogénéité essentielle de toutes les substances élémentaires.

Quant à l'hypothèse d'une réduction des propriétés sensibles à des qualités plus profondes et invisibles, elle est dénuée de tout fondement scientifique et sans valeur au point de vue de la question qui nous occupe. Voir la note de la p. 328.

une distinction réellement spécifique, qui se manifeste surtout, dit-on, dans les affinités chimiques.

Or, sur quoi s'appuie cette distinction spécifique des affinités?

Est-ce sur la différence d'intensité de leur énergie ?

Dans ce cas, pourquoi ne pas établir cette distinction entre le baryum à l'état d'élément et le même baryum engagé dans le sulfate $BaSO_4$? Entre ces deux états, n'y a-t-il pas toute la distance qui sépare l'élément le plus énergique, capable de décomposer l'eau à température ordinaire ou même de désagréger la plupart des composés chimiques, et l'élément le plus inerte, réfractaire à toute réaction ? Cette différence d'énergie ne dépasse-t-elle pas considérablement celle que l'on peut constater entre les dix ou douze espèces élémentaires qui constituent la famille des magnésiens ?

Veut-on choisir pour base de spécification l'extension de l'affinité ou la grandeur du cercle d'éléments sympathiques ? L'expérience le prouve, il arrive très souvent, que des éléments, une fois engagés dans une combinaison, ne témoignent plus aucune sympathie pour d'autres corps avec lesquels ils réalisent, à l'état libre, des unions très naturelles. Par contre, des éléments, indifférents à l'égard de certains composés, s'y combinent vivement s'ils se sont au préalable associés entre eux. D'après les cas, la combinaison peut donc resserrer ou étendre notablement les limites naturelles de l'affinité.

Enfin, préfère-t-on considérer surtout, dans la détermination des affinités chimiques, les conditions d'exercice ?

Mais qui donc ignore que la différence de ces conditions est bien souvent beaucoup plus sensible entre l'état d'isolement et l'état de combinaison d'un même corps simple, qu'entre deux corps simples d'espèce différente ?

L'antique critérium perd donc sa valeur, ou son application à l'ensemble des corps du monde minéral s'impose de toute nécessité. Il est manifestement illogique, dit encore le R. P. De

Munnynck, de défendre la distinction spécifique des corps simples et de ne pas l'admettre pour les corps composés [1]).

196. **Objection.** — Y a-t-il une échappatoire à cette conclusion ? Nous n'en voyons qu'une seule : la négation des changements réalisés par la combinaison dans les masses combinées, ou plutôt l'hypothèse de l'enchevêtrement des propriétés atomiques. De fait, bien des hommes de science y ont eu recours.

On a tort de croire, dit-on, que les métamorphoses chimiques soient aussi profondes qu'elles le paraissent, et que des propriétés vraiment nouvelles affectent les corps combinés. En réalité, les propriétés des substances réagissantes se conservent au sein même des synthèses les plus intimes. Seulement, par suite de l'agencement interne des atomes, de leur étroite connexion, les puissances ne peuvent plus se manifester comme à l'état de liberté ; et pour nous qui ne voyons que l'écorce des choses, il n'y a plus de sensible que la résultante de leurs actions mutuelles.

Dès lors, ou ces puissances internes agissent dans le même sens, se fortifient, et nous attribuons au composé une recrudescence d'énergie. Ou bien, elles se neutralisent, et dans ce cas, nous sommes tentés de les croire amoindries ou même remplacées par des puissances d'ordre inférieur. Ce qui se produit dans les énergies respectives des atomes a son contrecoup dans les autres accidents, et l'illusion devient complète.

Un regard assez pénétrant pour atteindre les atomes enchaînés dans les édifices moléculaires, y découvrirait donc toutes les propriétés natives des éléments et la raison intime de notre inéluctable illusion.

Telle est l'objection.

Un simple fait, déjà mentionné, suffit à la résoudre.

En règle générale, les corps qui se combinent directement

[1]) Cfr. De Munnynck (*Revue thomiste*, 1911), p. 150.

donnent naissance, par leur action mutuelle, à un dégagement de chaleur. De même, la plupart des actions chimiques s'accompagnent de manifestations électriques. Cette chaleur dégagée, cette électricité produite, proviennent évidemment des masses réagissantes. Elles constituent pour elles une perte réelle, comme elles sont un gain effectif pour les corps ambiants qui, sous l'influence de ces énergies nouvelles, se dilatent, se transforment à leur tour et se livrent à des évolutions multiples.

Dans un grand nombre de cas, cette perte est énorme. De là un affaiblissement considérable des énergies des corps combinés. Aussi n'est-il pas rare que des composés, constitués d'éléments de très grande affinité, soient frappés, à la suite de ce grand dégagement de chaleur et d'électricité, d'une complète inertie.

Tel est le cas, nous l'avons dit, du sulfate de baryum ($BaSO_4$). Ses éléments comptent parmi les corps les plus actifs. Lui-même, au contraire, se montre réfractaire aux sollicitations de la plupart de nos réactifs généraux.

Puis donc que les faits eux-mêmes attestent une perte réelle et considérable d'énergie éprouvée par les atomes combinés, l'hypothèse qui place, soit dans un certain enchevêtrement des mouvements atomiques, soit dans une mutuelle neutralisation des énergies internes, la cause des propriétés nouvelles du mixte, cette hypothèse, disons-nous, est manifestement inacceptable [1]).

Le contester serait d'ailleurs contredire au principe de la conservation de l'énergie [2]).

Au lieu de considérer l'affaiblissement du pouvoir réactionnel des éléments, veut-on rechercher l'origine des orien-

[1]) Ostwald, *L'évolution d'une science, la chimie*, p. 15. Paris, Flammarion, 1909. — *Vorlesungen über Naturphilosophie*, S. 287. Leipzig, Veit, 1902. — Bouty, *La vérité scientifique*, p. 308. Paris, Flammarion, 1908. — Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 461. Paris, Hermann, 1911.

[2]) Cfr. tome I, n. 109, pp. 193 et suiv.

tations nouvelles de leurs affinités — fait si fréquent en chimie — il est clair que des deux hypothèses, l'une, des changements réels, intrinsèques aux atomes, l'autre, d'un simple agencement nouveau de mouvements préexistants, la première s'imposera avec la même rigueur.

197. Troisième argument. Cette conception du règne minéral brise l'unité et l'harmonie de la théorie scolastique. — Conçu à la manière des anciens scolastiques, le monde matériel nous apparaît comme un chef-d'œuvre d'unité et d'harmonie.

Un premier fait qui frappe d'admiration, c'est cette gradation d'êtres qui s'élèvent de l'atome à l'homme, intermédiaire entre le monde des esprits et celui de la matière.

Dans le règne inorganique, au delà des substances élémentaires se rencontre une multitude innombrable de composés qui, par leur complexité toujours croissante et la richesse de leurs activités, forment les divers degrés d'une échelle continue. Là, les perfections essentielles se suivent de si près, et avec un ordre si régulier, qu'il nous est difficile d'y découvrir une lacune ou un vide à combler.

Dans les deux règnes de la vie organique, celui des plantes et des animaux, la gradation n'est pas moins frappante. Que de milliers d'espèces échelonnées entre les infiniment petits que nous révèle le microscope, et les grands carnassiers, entre l'algue rudimentaire et le chêne de la forêt !

Que si, au lieu de contempler le monde dans son état statique, nous voulons fixer notre attention sur les phases de son évolution, un autre fait tout aussi digne d'intérêt s'offre à nous : c'est le travail d'unification progressive auquel se livre la nature chaque fois qu'il s'agit d'élever un être à un degré supérieur de la hiérarchie naturelle.

Combien lente, en effet, cette élaboration qui doit transformer les substances élémentaires en matière directement assimilable par la plante !

Les végétaux, on le sait, ne se nourrissent point de corps minéraux comme tels. D'autre part, ils n'ont pu trouver, du moins à l'origine, des matières organiques toutes formées. Qui les leur aurait fournies ? Mais ils possèdent dans leurs parties vertes la puissance de les fabriquer. Les organes à chlorophylle absorbent l'acide carbonique de l'air, l'unissent à l'eau et forment ainsi un composé ternaire que la polymérisation transforme en fécule et finalement en sucre. A son tour cette substance organique se modifie graduellement, s'associe aux corps minéraux fournis à la plante par l'absorption des racines ; et au terme de cette voie synthétique se réalisent les diverses substances albuminoïdes dont le végétal fait sa nourriture.

De son côté l'animal, plus élevé en perfection, emprunte aux plantes les principes nutritifs que celles-ci ont lentement élaborés, ou sacrifie à sa propre subsistance les tissus de ses congénères.

A chaque pas de ce processus dynamique se vérifie l'adage de l'École : une forme substantielle nouvelle ne peut naître que dans une matière prochainement apte à la recevoir, et prédisposée par une forme antérieure appropriée [1]).

Telles sont, dans leurs grandes lignes, la saisissante unité et les admirables harmonies de la nature envisagée à la lumière des principes généraux de la cosmologie scolastique.

Eh bien ! supprimez avec les tenants des doctrines nouvelles l'unité substantielle de tous les composés non doués de vie ; réduisez-les à des agrégats d'atomes transportables, sans altération essentielle, jusque dans le domaine des substances albuminoïdes qui forment la trame des êtres organisés. Que restera-t-il de ces grandes lois si visiblement consignées dans le livre de la nature ?

[1]) S. Thomas, Opusc. *De pluralitate formarum*, P. 3.

La première, ou la loi de la gradation continue, cesse de s'appliquer au monde minéral considéré dans son *état statique.*

Loin de se poursuivre par des transitions douces et à peine remarquées, des substances élémentaires à l'homme qui est le sommet de la création visible, cette gradation se trouve interrompue par une immense lacune interjetée entre les corps simples de la chimie et les organismes vivants du monde végétal.

Dans ce vaste domaine, en effet, où se rencontrent tant de milliers de composés divers, la matière conserverait toujours les imperfections de son état élémentaire, puisque, d'après l'hypothèse nouvelle, les corps simples demeurent inchangés au sein des édifices moléculaires. Ils n'abandonneraient leur état initial que pour être subitement élevés à cette perfection éminemment supérieure qui constitue la vie.

La seconde loi générale que les sciences biologiques mettent en lumière à chaque étape du *processus évolutif* de la matière animée, et que les anciens avaient déjà exprimée dans leur laconique formule « natura non facit saltus », cette loi, disons-nous, subit, elle aussi, une dérogation injustifiée.

Si l'élément garde imperturbablement, à travers toutes les synthèses de la chimie et jusqu'au sein des substances albuminoïdes, son individualité et sa nature propre, quelle adaptation naturelle à son état substantiel nouveau peut-il recevoir des multiples composés par lesquels il passe ? Au seuil du monde végétal et au moment d'être incorporée à l'être vivant, la matière élémentaire se trouvera-t-elle enrichie d'une seule perfection essentielle qui la prédispose à une activité vitale ? D'évidence, il y a là un saut brusque qui ne se rencontre jamais dans les élaborations toujours si patientes de la nature.

Le monde inorganique, interprété selon la conception nouvelle, nous apparaît donc dans un état d'isolement et d'exception.

198. Objection. — Cette preuve, dit-on, n'est pas péremptoire. Sans doute la matière minérale ou inorganique ne peut être élevée à l'état de matière vivante qu'après avoir été prédisposée à sa perfection nouvelle.

Mais cette prédisposition n'exige pas l'unité essentielle des substances destinées à faire partie de l'être vivant. A supposer même que les atomes conservassent leur être individuel aux différents stades de leur évolution inorganique, la complexité progressive des composés issus de leur union et le groupement de plus en plus riche des propriétés physico-chimiques, constitueraient encore une réelle préparation de la matière à son admission dans l'organisme, puisque ce sont les mêmes corps et les mêmés propriétés que nous y retrouvons [1]).

199. Réponse. — Il reste vrai qu'au point de vue des perfections substantielles, les seules dont il est ici question, il y aurait entre la matière vivante et les composés les plus complexes de la matière minérale l'immense distance qui sépare le règne des êtres vivants, de l'atome du corps simple, c'est-à-dire de la particule la plus infime du règne inorganique.

En second lieu, il est difficile de comprendre pourquoi des atomes accidentellement réunis, même en nombre considérable, exigent, à un moment donné, comme forme naturelle, un principe vital, tandis qu'ils ont pu parcourir tous les degrés de l'évolution inorganique sans réclamer les formes beaucoup plus imparfaites des composés minéraux.

Enfin, on ne voit pas davantage comment, en l'absence de toute altération profonde des propriétés — telle est au moins l'opinion de nos antagonistes — le fait d'être en nombre plus ou moins grand prédispose chaque masse atomique inchangée à la réception de la forme spécifique de la plante.

Supposez, au contraire, qu'un état substantiel nouveau cor-

[1]) Schaaf, *Institutiones cosmologicae*, p. 362. Romae, 1907.

responde à chacune des étapes de la matière, il devient naturel qu'au terme de la voie synthétique, la matière minérale, ayant atteint l'unité la plus haute qu'elle puisse atteindre sans se désagréger, exige une unité d'un genre nouveau où l'état normal sera tout juste l'équilibre instable, le mouvement immanent, en un mot, la vie.

On dira peut-être : quoi qu'on fasse, on ne supprimera jamais la différence d'ordre qui existe entre les deux règnes. Soit. Mais entre deux hypothèses, dont l'une conçoit cette distance aussi grande que possible, et dont l'autre la restreint à ses limites inévitables imposées par la nature respective des êtres, il y a de la marge. Et il est indéniable que la loi de continuité, si manifeste dans tous les domaines, se vérifie beaucoup mieux dans la seconde hypothèse que dans la première.

§ 5

Examen de l'opinion qui tend à concilier l'unité essentielle du mixte avec la persistance actuelle des éléments

200. **Exposé de cette opinion.** — La persistance dans le mixte de certaines propriétés plus ou moins caractéristiques des éléments, la réapparition intégrale et assurée du décor accidentel de chaque corps simple lors de la dissolution du composé quelle qu'en soit d'ailleurs la cause, enfin la difficulté d'expliquer l'origine des formes essentielles, tous ces faits ont déterminé plusieurs auteurs à tempérer la doctrine thomiste sur l'unité du mixte, de manière à concilier tout à la fois cette unité essentielle avec la pluralité actuelle des composants.

On peut, dit-on, distinguer dans une forme sa réalité constitutive et son rôle de principe fixatif de l'espèce.

A vouloir maintenir dans le composé la *réalité* et la *fonction* des formes élémentaires, on supprime du même coup l'unité essentielle du composé : une pluralité d'êtres et d'espèces complètes ne sauraient constituer un seul et même être.

Mais pourquoi la réalité de la forme essentielle ne pourrait-elle être maintenue sans la fonction, sous l'empire d'une forme supérieure plus parfaite, telle par exemple, la forme du composé ou le principe de vie chez la plante ?

Aussi bien les formes élémentaires, destinées à élever la matière à des états de perfection supérieure, ne sont-elles pas naturellement susceptibles de recevoir des déterminations essentielles nouvelles, des perfectionnements intrinsèques, grâce auxquels elles pourront exercer une fonction commune plus haute sans modifier leur réalité native ?

Dans cette hypothèse, la reviviscence des formes essentielles n'est plus un mystère. Ayant conservé toute leur réalité, ces formes doivent, d'évidence, exercer à nouveau leur fonction dès qu'elles se trouvent soustraites au régime de la forme qui les supplante. Ainsi se résolvent les autres difficultés mentionnées plus haut.

201. **Critique.** — Cette opinion n'est pas neuve. S. Bonaventure, Alexandre de Halès et Scot en furent autrefois les partisans décidés. Elle a cependant rencontré peu de sympathie auprès des scolastiques modernes, bien qu'en ces dernières années, plusieurs lui témoignent moins de défiance. Pesch [1]), Willems [2]), Donat [3]) la tiennent pour probable. D'après le P. Lepidi [4]), « elle n'est pas évidemment fausse ». D'autres scolastiques, très nombreux d'ailleurs, la condamnent ouvertement. A citer notamment le P. Lehmen [5]) et Gutberlet [6]).

[1]) Pesch, *Institutiones metaphysicae specialis*, pp. 303-305. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1897.

[2]) Willems, *Institutiones philosophiae*, vol. II, p. 116. Treveris, Ex off. ad s. Paulinum, 1906.

[3]) Donat, *Cosmologia*, p. 148. Oeniponte, Rauch (Pustet), 1913.

[4]) Lepidi, *Elementa philosophiae christianae*, vol. III, pp. 48-52. Paris, Lethielleux, 1879.

[5]) Lehmen, *Lehrbuch der Philosophie*, II. B. *Kosmologie und Psychologie*, pp. 279-281. Freiburg im Breisgau, Herder, 1911.

[6]) Gutberlet, *Naturphilosophie*, p. 41. Münster, Theissing'sche Buchhandlung, 1894.

En somme, cet essai de conciliation s'appuie sur deux postulats : d'une part, la hiérarchie naturelle des formes essentielles, d'autre part, la distinction entre la réalité des formes et leur fonction.

Cette distinction est, on le comprend, de toute première importance dans la théorie nouvelle. Si la fonction de la forme n'est pas séparable, en fait, de la réalité de la forme, l'unité essentielle du mixte ou de l'être vivant n'est plus concevable : deux êtres complets, doués chacun d'une subsistance individuelle, ne peuvent constituer un seul et même être.

Examinons donc si pareille distinction est bien fondée.

Le pouvoir déterminant des formes essentielles rentre dans cette catégorie de causes, appelées causes formelles. Or, comment cette causalité s'exerce-t-elle ?

La forme essentielle déploie sa virtualité en se communiquant à la matière. Elle ne produit donc pas une réalité nouvelle, distincte d'elle-même, par laquelle le sujet récepteur deviendrait qualitativement autre ; pareil mode d'action caractérise la cause efficiente et ne peut en aucun cas appartenir à la cause formelle comme telle.

Le pouvoir déterminant, fixatif de l'espèce et de l'être, s'identifie donc complètement avec la réalité de la forme. Il est, en un mot, cette réalité même simplement considérée comme imprégnant à la matière. Et comme la forme dépend essentiellement de son sujet récepteur pour exister, le concept d'une forme *réelle* est en tous points identique au concept d'une forme déterminante, c'est à-dire d'une forme exerçant actuellement sa fonction.

Que l'on considère donc, soit la constitution même des formes essentielles, soit leur mode de causalité, soit leurs relations avec la matière, la distinction qui est le point cardinal de cette opinion, est, à notre avis, inintelligible.

Mais cette distinction entre la réalité et le rôle déterminant de la forme ne pourrait-elle pas devenir plus objective et plus réelle si l'on considérait la forme essentielle des éléments au

point de vue de ses destinées, ou sa manière d'être à l'égard des formes supérieures ?

Examinons la question sous ce nouvel angle.

Une forme supérieure, par exemple, celle du composé relativement aux formes des corps simples, ou le principe vital relativement aux formes minérales, une forme supérieure, dit-on, détermine un être nouveau et complet dans son espèce, malgré la persistance des formes subalternes, parce que ces dernières perdent, par le simple fait de leur surélévation à un état nouveau, leur pouvoir fixatif propre, c'est-à-dire la faculté de déterminer telle espèce complète inférieure et tel être subsistant. Ce pouvoir complétif substantiel appartient alors à la forme nouvelle du mixte ou du vivant.

Appliquons d'abord ces données au composé minéral.

De deux hypothèses, l'une. Ou bien les propriétés du mixte sont compatibles avec les natures respectives des éléments. Dans ce cas, la forme nouvelle qui viendrait se superposer à celles des individualités élémentaires est absolument inutile, ou plutôt sa réalisation n'est même pas possible, puisqu'une forme ne peut naître que dans un sujet prédisposé qui l'exige. Or, il est clair que cette forme commune nouvelle n'est pas exigée par des atomes inchangés.

Ou bien, seconde hypothèse, les propriétés du composé réclament une nature nouvelle.

Dans ce cas, pourquoi donc la réalité des formes élémentaires devenues incompatibles avec le nouvel état accidentel, et incapables partant d'en être la source, ne disparaît-elle pas en même temps que la fonction de ces formes, puisqu'en fait, fonction et réalité ne sont pour elles qu'une seule et même chose ?

Soit, dira-t-on, cette corrélation entre la forme essentielle, ses propriétés et l'existence substantielle devrait certes se maintenir si la réalité de la forme n'était intrinsèquement perfectionnée dans l'ordre même de la substance. Mais en réalité, elle l'est par la forme commune du mixte, et dès lors rien d'éton-

nant qu'il en résulte une nature nouvelle, un être nouveau où survivent les réalités et les effets des formes élémentaires.

D'abord, la forme substantielle est, par définition même, un acte qui détermine la substance et, par suite nécessaire, l'être lui-même. Or, nous ne comprenons pas qu'un acte qui, par sa nature, donne la dernière actualité dans l'ordre de l'essence, puisse constituer une véritable puissance vis-à-vis d'un acte du même genre. Et cependant, si l'on veut conserver l'unité de nature et d'existence du mixte, il faut bien que les formes élémentaires soient de vraies puissances à l'égard de la forme supérieure.

Les formes élémentaires, nous en convenons volontiers, sont des formes inférieures, comme d'ailleurs la forme du mixte est inférieure au principe de vie végétative, comme celui-ci à son tour est d'une perfection moins élevée que le principe de vie sensitive. Seulement, cette hiérarchie des formes ne change en rien le rôle des formes inférieures, pour la raison que ce rôle ou cette fonction leur est à toutes essentielle au même titre [1]). La forme élémentaire d'un atome détermine aussi bien la nature et l'être substantiel de cet atome que l'âme humaine détermine la perfection essentielle de l'homme.

Il y a plus ; la forme du mixte et les réalités des formes atomiques sont assurément de qualité différente. Cette distinction *spécifique* est basée non pas sur la fonction, mais sur la réalité intrinsèque de la forme d'où dérive la fonction.

[1]) S. Thomas, Quaest. disp. *De spiritualibus creaturis*, a. 3. « Nullum individuum substantiæ esset simpliciter unum. Non enim fit simpliciter unum ex duobus actibus, sed ex potentia et actu, inquantum id quod est in potentia, fit actu... Manifestum est autem quod quaelibet forma substantialis, quaecumque sit, facit ens actu, et constituit ; unde sequitur quod sola prima forma, quae advenit materiae, sit substantialis, omnes vero subsequenter advenientes sint accidentales. *Nec hoc excluditur per hoc quod quidam dicunt, quod prima forma est in potentia ad secundam ; quia omne subjectum comparatur ad suum accidens, ut potentia ad actum.* » Cfr. *De generatione et corruptione*, lect. 24 et 25. — *Summ. Theol.*, P. I, q. 76, a. 4, ad 4um. — *Cont. Gentes*, lib. 4, c. 35. — *De mixtione elementorum.* — Suarez, *Metaphys.* Disp. 15, sect. 10, n. 41.

Or, est-il réellement possible que les réalités des formes élémentaires, spécifiquement distinctes entre elles, et toutes actuelles, s'unissent intrinsèquement à la forme nouvelle pour constituer l'unique forme essentielle du mixte ? Pareille union est pour nous inconcevable.

Et qu'on ne dise pas que le principe spécifique du mixte entraîne, en s'unissant aux formes élémentaires, la disparition du caractère *spécifique* de ces formes ! La qualité d'une forme s'identifie avec la réalité de cette forme, en sorte que l'union intrinsèque des formes, indispensable à l'unité du composé, doit se faire entre des *actes* substantiels, *qualitativement* différents, et irréductibles entre eux !

Enfin, admettons même temporairement la possibilité de cette mystérieuse union. Qu'en résultera-t-il ?

On peut imaginer encore différentes hypothèses.

Ou bien la forme du mixte a pour unique fonction de donner une *existence* commune à tous les atomes qui y sont contenus. Supposition fausse. Aucune forme matérielle ne constitue d'elle-même un acte complet d'existence ; comment donc ces formes donneraient-elles au composé une perfection qu'elles ne possèdent pas ? D'ailleurs, même pour les philosophes qui admettent l'identité réelle de l'essence et de l'existence, la forme se présente avant tout comme un acte déterminant de l'essence ou de la nature. C'est donc sous cet angle qu'il faut d'abord la considérer.

Quel est donc son rôle au point de vue de la nature du mixte ? Nous avons le choix entre deux nouvelles hypothèses.

Ou bien, la forme substantielle du composé a pour mission exclusive l'unification des natures atomiques, et partant l'adaptation de ces natures à l'acte commun d'existence. Mais nous l'avons dit plus haut, si cette union n'introduit aucun changement qualitatif dans les atomes, s'il n'en résulte aucune propriété nouvelle, propre au mixte, cette forme commune n'a aucune raison d'être. Sans elle, chaque atome a déjà sa nature et son existence ; à quoi leur servirait cette fusion dans l'unité du mixte !

Ou bien, dernière hypothèse, la forme commune du composé a pour résultat l'apparition de propriétés spécifiques nouvelles.

Ces propriétés vont-elles simplement se superposer aux propriétés conservées des masses atomiques ? Nous aurons alors, dans un même atome, à côté de son décor accidentel ordinaire, un second groupe de caractères spécifiques, émanant l'un et l'autre du fonds substantiel ; ce qui revient à attribuer à chaque élément combiné deux natures ou deux espèces.

Suppose-t-on, au contraire, qu'une réelle fusion se produit entre les propriétés nouvelles du mixte et les propriétés caractéristiques des atomes, du même coup réapparaissent les inextricables difficultés que présentait tantôt la fusion des formes essentielles.

202. Instance. — Appliquée aux composés inorganiques, la théorie soulève des difficultés sérieuses. Mais ne paraît-elle pas beaucoup plus admissible dans les êtres vivants ? Là, en effet, nous nous trouvons devant un phénomène nouveau, absolument irréductible aux phénomènes de la matière brute, savoir, l'immanence, caractéristique de la vie. Là, toutes les activités physico-chimiques portent aussi cette marque commune, toutes aussi sont soumises à la même orientation. On est donc en droit de se demander, semble-t-il, pourquoi un seul et même principe de vie ne pourrait pas, en s'unissant aux atomes, leur imprimer une orientation foncière unique, sans détruire la réalité de leur forme et des propriétés qui en résultent [1]) ?

203. Réponse. — Que la convergence harmonieuse de toutes les activités de la plante vers un seul et même but interne, qui est le bien ou la conservation de l'être, révèle l'existence d'un principe foncier de vie, que ce principe essen-

[1]) Cfr. P. Schaaf, *Institutiones cosmologicae*, p. 361. Romae, 1907.

tiel ait pour rôle spécifique l'orientation de tous les phénomènes dont la plante est le théâtre, nous l'admettons volontiers. Aussi, l'unité essentielle du végétal nous paraît un fait incontestable, et même plus sûrement établie que l'unité du mixte. Néanmoins, même dans l'interprétation de l'être vivant, la théorie se heurte, croyons nous, à la plupart des difficultés qu'a soulevées l'étude du mixte.

Dans les deux domaines, de la vie et de la matière minérale, nous ne voyons pas de place pour une distinction entre la réalité de la forme et sa fonction.

Dans les deux règnes aussi, la forme, qui est essentiellement un acte et même un acte ultime dans l'ordre de l'essence, se refuse à jouer le rôle de puissance à l'égard d'une autre forme du même genre.

Dans les deux règnes, la diversité spécifique des formes, et à plus forte raison, la diversité générique qu'il faut placer entre les formes minérales et le principe de vie, cette diversité, disions-nous, s'oppose à l'union intrinsèque de pareils principes.

Dans les deux règnes enfin, apparaît la même difficulté de comprendre l'émanation de toutes les puissances de l'être d'un même fonds substantiel [1]).

§ 6

Examen des principales difficultés soulevées contre la conception thomiste du mixte

I. Objections d'ordre physique

204. Première difficulté, tirée de l'origine des formes. — La décomposition et la combinaison des corps chimiques, peuvent être déterminées par des causes

[1]) Cfr. Haan, *Philosophia naturalis*, p. 228. Friburgi Brisgoviae, Herder, 1898.

multiples, notamment par la lumière, la chaleur, la pression, l'électricité, le choc. Or, il paraît bien difficile d'admettre un rapport de proportionnalité entre ces agents si divers et la production des formes essentielles. Comment concevoir surtout qu'un simple choc intramoléculaire puisse avoir pour résultat l'apparition d'un principe spécifique nouveau [1]) ?

205. **Réponse.** — Ce genre d'objection est la réédition, sous une forme scientifique nouvelle, de difficultés que saint Thomas rencontre déjà dans ses œuvres [2]).

1° Notons d'abord, qu'en vertu d'un procédé abstractif qui nous est à tous très familier, nous sommes tentés de considérer les différentes forces qui interviennent dans les actions chimiques, comme autant d'agents complets de la décomposition, tandis qu'en réalité toutes ces forces ne sont que des accidents, des moyens d'action au service d'agents substantiels.

2° En second lieu, il importe aussi de se faire une juste idée de la génération naturelle des êtres et du processus dont elle est le terme ultime [3]).

[1]) DONAT, *Cosmologia*, p. 149. Oeniponte, Rauch (Pustet), 1913. — CHAROUSSET, *Le problème métaphysique du mixte (Revue de philosophie*, 1903), pp. 671-675. — DOMET DE VORGES, *Abrégé de métaphysique*, t. I, p. 194. Paris, Lethielleux, 1906.

[2]) S. THOMAS, *De Ente et essentia*.

[3]) S. THOMAS, Quæst. Disp. *De Potentia*, q. 5, a. 1. « Sic igitur hujusmodi inferiora agentia corporalia, non sunt formarum principia in rebus factis, nisi in quantum potest se extendere causalitas transmutationis ; cum non agant nisi transmutando; hoc autem est inquantum disponunt materiam et educunt formam de potentia materiae. Quantum igitur ad hoc, formae generatorum dependent a generantibus naturaliter, quod educuntur de potentia materiae, non autem quantum *ad esse absolutum*.. Si quae autem formae sunt non in materia, ut sunt substantiae intellectuales... harum principium esse non potest nisi agens incorporeum, quod non agit per motum ; nec dependent ab aliquo secundum fieri a quo non dependeant secundum esse... Si autem ponamus formas substantiales educi de potentia materiae, secun-

La forme essentielle nouvelle n'est pas, comme on la représente trop souvent, le terme direct et intrinsèque de l'activité des forces accidentelles de la matière. Ainsi que le dit saint Thomas, les agents naturels sont des agents de transmutation : leur rôle est de produire dans les corps simples ou les composés des altérations qui rendent la matière incompatible avec son état substantiel et exigitive d'un état substantiel nouveau. Et lorsqu'il s'agit de ces activités qui ont pour conséquence la naissance ou la disparition d'un être, l'effet des causes extrinsèques est toujours reçu d'après la manière d'être et les exigences intrinsèques des corps qui vont se transformer.

Ce travail de prédisposition ou d'adaptation de la matière à la forme essentielle est de toute première importance [1]).

3° En troisième lieu, non seulement les agents physiques ou mécaniques, mentionnés plus haut, ne sont pas les causes efficientes immédiates des formes nouvelles ; ils n'en sont même, en général, que des causes adjuvantes ou excitatrices.

Causes diverses de la combinaison chimique. Examinons, par exemple, la combinaison du chlore et de l'hydrogène.

Ces deux corps, on le sait, se combinent facilement sous l'influence de la *lumière,* de la *chaleur* ou de l'*électricité,* et nous donnent l'acide chlorhydrique HCl.

Quelles sont les vraies causes de la forme du composé nouveau ?

dum sententiam Aristotelis, agentia naturalia non solum erunt causae dispositionum materiae, sed etiam formarum substantialium ; quantum ad hoc dumtaxat quod de potentia educuntur in actum, et per consequens sunt essendi principia quantum *ad inchoationem ad esse*, et non quantum *ad ipsum esse absolute.* » In corpore et ad 5um.

Cfr. De Backer, *Institutiones metaphysicae specialis. Cosmologia,* p. 202. Briguet, Paris, 1899.

[1]) P. Haan, *Philosophia naturalis*, p. 225. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1898.

Les deux corps simples, chlore et hydrogène, et eux seuls.

Les énergies physiques extrinsèques, telles la chaleur, l'électricité ou la lumière, n'ont d'autre rôle que de stimuler les puissances internes des corps réagissants. Faut-il s'étonner que la forme essentielle de l'acide chlorhydrique soit un produit intermédiaire entre les deux générateurs chlore et hydrogène, et que la nature de cette forme se montre indépendante de la nature des causes excitatrices ?

A notre avis, la difficulté, dans ce cas, provient uniquement d'une conception erronée du rôle véritable des agents physiques : on les considère comme les agents producteurs de la forme nouvelle de la combinaison et on se demande alors, non sans raison, comment cette forme ne varie pas avec la diversité de ses causes. La vérité, redisons-le, est tout autre. La forme nouvelle reste toujours identique à elle même, parce qu'elle résulte des activités combinées de deux corps simples qui ont leur nature, leur principe interne d'orientation, leur fin naturelle.

Veut-on considérer une cause, en apparence, plus étrange, la *pression ?*

L'origine des formes, attribuée par nos adversaires à cette influence, s'explique avec la même facilité. La pression, ou plutôt la force mécanique qui l'exerce, n'est jamais la cause productrice d'aucune forme essentielle, mais il se peut que, sous l'influence de cette cause mécanique, qui d'ordinaire produit un certain dégagement de chaleur, deux corps simples, doués d'affinité mutuelle, agissent l'un sur l'autre, s'altèrent profondément, et finissent par réaliser en commun un effet où ils retrouvent exactement leur part d'intervention, c'est-à-dire la forme essentielle du composé.

Causes diverses de la décomposition. Ainsi en est-il de la décomposition des corps.

La chaleur, dit-on, ou même une simple diminution de pression peut avoir pour résultat la reviviscence de plusieurs

formes spécifiques nouvelles. Tel est le cas du carbonate de calcium $CaCO_3$: ce corps se décompose en CaO et CO_2, soit sous l'influence du calorique, soit à la suite d'un affaiblissement de la pression. Est-ce compréhensible ?

Oui sans doute, et la difficulté n'est pas plus réelle que dans les exemples précédents. L'erreur, ici encore, consiste à placer dans les causes indiquées les vrais générateurs des formes nouvelles, alors que le générateur véritable n'est autre que le composé lui-même.

Substitut des deux corps CaO et CO_2, le carbonate de calcium $CaCO_3$ les contient virtuellement, et en renferme les énergies tempérées. Grâce à la *chaleur* qui lui est communiquée, il subit des altérations internes qui le rapprochent de l'état accidentel exigitif des formes qu'il supplante. En vertu de sa nature complexe, lui-même donc oriente passivement les influences du dehors d'après les capacités réceptives des divers départements de son être, et au moment où vient à cesser l'harmonie requise entre la nature unique du composé et les groupes de propriétés, le composé lui-même, toujours sous l'influence de la cause excitatrice, donne naissance aux deux principes spécifiques qui vont le remplacer à leur tour [1]).

Au point de vue des causes réelles, ce phénomène est donc en tous points semblable à celui de la combinaison. Dans la

[1]) S. Thomas. « In mixto vero manent formae miscibilium secundum virtutem, secundum Philosophum. Virtus autem ad actum pertinet. Et ideo in mixto est unde agatur ad generationem alterius miscibilium secundum quod virtus unius miscibilium vincit proportionem in qua salvatur forma mixti, unde corrupto mixto generatur corpus simplex ». *De natura materiae*, c. 8.

« Cum vero ex mixto fit simplex elementum, transitur non solum terminus proportionis miscibilium, sed etiam terminus mixtionis ; utrumque tamen fit per virtutem formarum elementarium, quae manet in mixto secundum Philosophum. Ex quo patet, quod virtus formae elementaris dominantis in mixto habet non solum solvere mixtum, et inducere formam propriam talis elementi, sed transmutare mixtum de una proportione in aliam, quousque in ipsam formam propriam deveniatur. » *De quatuer oppositis*, c. 5.

combinaison, deux natures, par leur réaction réciproque, engendrent un être virtuellement multiple. Dans la décomposition, un être virtuellement multiple engendre, en reconquérant les états accidentels antérieurs, deux natures distinctes.

Tout aussi peu mystérieux est le rôle que peut jouer dans la décomposition de certains corps une diminution de *pression*.

L'état d'un corps est essentiellement fonction du milieu. Le carbonate de calcium, par exemple, ne peut conserver sa nature que moyennant un certain équilibre entre ses forces internes et la pression qu'il subit. Celle-ci vient-elle à diminuer, ce composé absorbe de la chaleur qu'il enlève au milieu ambiant et nous revenons alors à l'influence du calorique dont il vient d'être question.

Parmi les causes des combinaisons et des décompositions chimiques, il y a aussi le *choc* [1]).

A considérer les choses superficiellement, l'objection paraît sérieuse. A la réflexion, il n'en est rien.

Pas de choc, nous dit la mécanique, sans production de chaleur et de force motrice. S'il s'agit d'une substance endothermique très instable, il suffit que quelques molécules spécialement altérées par cette cause se désagrègent, restituent au milieu ambiant la chaleur qu'elles avaient absorbée, pour que toute la masse du corps donne lieu au même phénomène de désagrégation.

« Au point de vue de la théorie moléculaire, écrit M. Ramsay, on doit supposer que l'application de la chaleur détermine un mouvement des atomes dans quelques-unes des molécules du composé ; cela suffit pour provoquer un commencement de transformation ; la chaleur dégagée durant ce changement d'état est utilisée par les molécules non modifiées et leur fait] rendre la forme qui correspond à une perte d'énergie » [2]).

La décomposition par le choc des composés instables peut

[1]) SCHAAF, *Institutiones cosmologicae*, p. 364. Romae, 1907.

[2]) RAMSAY, *La chimie moderne*, 1re partie, p. 149. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

donc s'expliquer de la même manière que la décomposition par la chaleur ou les autres causes physiques ordinaires.

4° Supposé même que dans quelques cas, la genèse des formes substantielles soulève pour les partisans de l'opinion thomiste des difficultés dignes de considération, elle soulèvera, croyons-nous, les mêmes difficultés pour les tenants du mixte-agrégat, avec cette réserve toutefois que ces difficultés seront seulement transportées sur le terrain du monde organique.

D'après ces auteurs, en effet, tout être vivant jouit d'une réelle unité essentielle, sous l'empire d'un unique principe de vie. Or, l'expérience le prouve, la chaleur, l'électricité, pour certains êtres même une lumière trop intense, une pression, un choc violent peuvent causer la mort de la plante, de l'animal et de l'homme. Le principe vital disparaît donc, cependant que les corps chimiques constitutifs de l'organisme retournent à la terre et à l'atmosphère. D'où viennent les formes essentielles spécifiques qui se sont substituées à l'unique forme de l'être vivant ? N'est-ce pas la question que nous nous posions tantôt au sujet des composés minéraux ? Pour être déplacé, le problème ne reste-t-il pas entier ?

Plusieurs auteurs, il est vrai, essayent de concilier l'unité du vivant avec la persistance des formes élémentaires, et considèrent du même coup, comme non avenu, le problème de l'origine des formes minérales Ces formes, n'ayant pas disparu dans l'organisme, doivent se retrouver intactes après la dissolution.

Mais cette opinion, que nous avons discutée longuement plus haut, se heurte à plusieurs principes fondamentaux de la doctrine thomiste. Et, comme il a été dit déjà, si elle élude certaines difficultés, c'est pour en soulever d'autres beaucoup plus graves et plus inextricables [1]).

[1]) Cfr. pp. 343 et suiv., n° 201. — Cfr. HAAN, *Philosophia naturalis*, pp. 222-229. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1898. — LEHMEN, *Lehrbuch der Philosophie*, II. B. *Kosmologie und Psychologie*, pp. 279-281. Freiburg im Breisgau, Herder, 1911.

5° Enfin, notons encore, qu'à notre avis, dans toutes les transformations essentielles de la matière, intervient une causalité plus étendue et plus profonde, qui atteint, elle, le devenir et l'être de la substance nouvelle ; c'est la causalité de la cause première. Pour qui admet le concours harmonieux de ces deux causes, première et seconde, pour qui se rappelle cette indissoluble connexion de l'être et de ses propriétés naturelles qui est la sauvegarde de l'ordre de la nature, l'origine des formes essentielles ne soulève plus la moindre difficulté et apparaît même comme un de ces phénomènes où l'on saisit le mieux combien est profonde et intime l'union du créateur et de ses créatures.

206. **Deuxième difficulté.** — Les arguments invoqués en faveur de l'unité essentielle des composés supposent un changement notable dans les propriétés de leurs composants. Or, s'il est des cas nombreux où ces changements sont réellement profonds, il en est d'autres où ils sont très peu sensibles.

207. **Réponse.** — Que dirait-on d'un biologiste qui, désireux de savoir quelle distinction il y a lieu de placer entre le règne végétal et le règne animal, commencerait par examiner les êtres les plus imparfaits qui se trouvent aux confins de ces deux règnes ? Pareille méthode serait aussi peu scientifique qu'infructueuse. Ainsi en est-il du problème qui nous occupe.

Pour savoir si le monde inorganique nous offre des cas de réelle transformation substantielle, c'est bien aux combinaisons les mieux caractérisées par les métamorphoses de leurs constituants qu'il faut d'abord s'adresser. Or, les chimistes de marque en conviennent, les combinaisons de ce genre sont très nombreuses.

A parler rigoureusement, cette seule constatation nous suffit, à moins d'admettre qu'une même matière puisse revêtir toutes les propriétés possibles sans changer de nature.

Il existe, il est vrai, d'autres composés où les éléments

semblent avoir subi des altérations moins importantes. Qu'est-ce qui nous prouve que ces modifications, prises dans leur ensemble, ne sont pas aussi inconciliables avec la persistance des éléments que certaines autres en apparence beaucoup plus profondes ? La nature intime des êtres est encore pour nous si pleine de mystères ! Nul ne pourrait fixer avec certitude les limites de ses exigences. Il serait donc téméraire de vouloir appliquer ici une règle mathématique, de dire par exemple : tel dégagement de chaleur entraîne une transformation essentielle, tel autre ne l'entraîne pas. Et la raison en est, qu'outre la chaleur, peuvent intervenir une multitude d'autres causes qui exercent un rôle décisif dans le fait de la combinaison.

Le soufre, par exemple, dans sa combinaison avec l'oxygène dégage 71 calories et nous donne SO_2. Dans sa combinaison avec l'hydrogène, il n'en dégage que 7 et forme l'acide sulfhydrique H_2S.

A ne considérer que le dégagement de chaleur de la seconde combinaison, on serait facilement tenté de croire à la persistance du soufre dans l'acide sulfhydrique H_2S; ou plutôt, on se demanderait avec raison comment le même atome de soufre peut, dans le second cas, changer de nature à la suite d'une perte de 7 calories, et ne subir, dans le premier cas, de transformation essentielle, qu'après avoir perdu 71 calories.

En réalité, au phénomène thermique il faut ajouter le facteur, de loin le plus important, l'intervention de deux natures spécifiques. L'hydrogène et l'oxygène sont des espèces chimiques très éloignées l'une de l'autre, irréductibles entre elles. Le soufre, en se combinant successivement avec chacune de ces espèces, s'est trouvé chaque fois dans des conditions très différentes de réaction ; les influences ou les altérations qu'il a subies de la part de ces antagonistes si divers peuvent donc être très inégales au point de vue du phénomène thermique, et cependant assez profondes pour engager la nature même de cet élément ; car, redisons-le, à côté de la force calorifique,

le soufre possède de nombreuses propriétés dont aucune ne peut être altérée au delà d'une certaine limite sans entraîner une transformation essentielle.

Veut-on avec plusieurs philosophes scolastiques, notamment le P. Schaaf [1]), établir une distinction spécifique, non seulement entre les natures substantielles des corps simples, mais même entre leurs faisceaux de propriétés accidentelles, l'interprétation donnée se justifie mieux encore, ou plutôt s'impose.

En fait, les deux composés formés par le soufre, savoir SO_2 et H_2S, sont deux espèces chimiques nettement caractérisées par leurs affinités et l'ensemble de leurs propriétés chimiques et physiques.

208. **Instance.** — Les phénomènes thermiques qui accompagnent la plupart des combinaisons spontanées de la nature, paraissent considérables si on les compare aux phénomènes thermiques d'origine physique. Aussi n'est-il pas rare de voir invoquer ce fait comme un exemple de métamorphoses profondes de la matière. La formation de 18 grammes d'eau gazeuse, par exemple, dégage 58 calories, celle de 44 grammes d'anhydride carbonique CO_2 en dégage 92.

Cependant, combien ces phénomènes paraissent insignifiants en face des dégagements de chaleur d'origine radioactive ! Suivant les physiciens actuels, la transformation complète d'un gramme de radium pourrait mettre en liberté plus de trois millions de calories. Or, est-il croyable que nos atomes chimiques, réservoirs naturels de pareille quantité d'énergie, changent de nature pour avoir perdu quelque cinquante ou cent calories ?

209. **Réponse.** — Le phénomène thermique ne constitue pas, à lui seul, un critérium infaillible et universel des trans-

[1]) SCHAAF, *Institutiones cosmologicae*. Romae, 1907.

formations essentielles de la matière : la meilleure preuve qu'on puisse en donner est l'existence de composés chimiques bien définis, dont les uns sont exothermiques, et les autres endothermiques. A côté de dégagements de chaleur très considérables, on trouve donc des absorptions de calorique non moins importantes, et, entre ces deux extrêmes, la nature nous offre tous les degrés intermédiaires.

Si les cosmologues aiment parfois à mettre en relief tel ou tel dégagement de chaleur, c'est avant tout parce qu'il accuse une perte réelle d'énergie subie par les éléments réactionnels, perte qui, dans aucun cas, ne peut être identifiée, soit avec un enchevêtrement nouveau des masses atomiques, soit avec une simple neutralisation interne de propriétés inaltérées. En un mot, un phénomène thermique exothermique est un témoin irrécusable d'une altération réelle et qualitative, et à ce titre, il occupe une place appréciable en chimie.

Cette réserve faite, examinons maintenant les phénomènes de radioactivité.

Les phénomènes se caractérisent par un double fait : la transformation essentielle de l'atome chimique et en même temps la désintégration de la masse atomique en particules très ténues. L'atome du radium, qui appartient à la famille des éléments de très grande énergie, appelés alcalino-terreux, se transforme en émanation et en hélium, deux corps remarquables par leur indifférence chimique.

La radioactivité est donc un fait « sui generis » nullement comparable aux phénomènes chimiques ordinaires.

Telle est d'ailleurs l'opinion des physiciens modernes, notamment de ceux qui se sont livrés à une étude spéciale de ce genre d'activité de la matière.

Dans les actions chimiques ordinaires, les phénomènes thermiques sont *relativement* peu considérables. Peut-il en être autrement, puisque l'action chimique consiste simplement en un travail de nivellement qui aboutit à la substitution d'un état

spécifique nouveau à un autre état substantiel, et cela, sans que les masses atomiques subissent le moindre fractionnement ?

Dans les phénomènes de radioactivité, au contraire, la quantité de chaleur rayonnée semble confondre les plus puissantes imaginations. Mais, en réalité, ces phénomènes consistent avant tout dans l'émiettement de l'atome chimique, en sorte que le changement substantiel des produits du fractionnement n'est que le résultat immédiat de la dislocation atomique. Or, si l'on tient compte que ces particules infinitésimales sont les dépositaires de toutes les énergies chimiques, physiques et mécaniques des masses sensibles, qu'en elles résident les dernières réserves de la nature dynamique de la matière, on ne s'étonne plus que la mise en liberté de ces particules intégrantes de l'atome donne lieu à des phénomènes thermiques d'une extraordinaire virulence.

La diversité profonde des deux phénomènes thermiques a donc pour cause la diversité profonde des activités qui les produisent.

Dès lors, qu'un atome de radium dégage 80 ou 100 calories en se combinant au chlore et se résolve avec celui-ci en une nature nouvelle, que le même atome de radium dégage plusieurs millions de calories pendant sa désagrégation complète, ce sont là deux faits que le thomiste, à bon droit, regarde comme parfaitement conciliables, parce que de nature radicalement différente.

210. **Troisième difficulté.** — Certains changements de propriétés, que tous s'accordent à déclarer d'ordre purement physique, sont cependant plus considérables que bon nombre de changements chimiques. Pour ne citer qu'un exemple, quelle profonde différence n'y a t-il pas entre l'eau solide, l'eau liquide et l'eau gazeuse ? Néanmoins, tous en conviennent, à travers ces métamorphoses si frappantes, l'eau conserve sa nature, son être spécifique. Pourquoi ne pas étendre la même conclusion aux phénomènes chimiques ? Si le critérium des

transformations essentielles vaut pour la chimie, pourquoi ne vaut-il pas pour la physique [1]) ?

211. **Réponse.** — Cette difficulté n'est pas sans valeur, mais gardons-nous d'en exagérer la portée.

Il est des changements physiques qui ne compromettent en rien la nature individuelle des êtres. Tous les scolastiques modernes font même rentrer dans cette catégorie les changements d'état physique et ceux qui en sont la suite naturelle.

Est-ce caprice, est-ce illogisme ? Nous ne le croyons pas.

Les changements d'état ont pour caractère distinctif d'être temporaires et superficiels.

En général, ils disparaissent avec les causes qui les ont fait naître. Abandonnée à elle-même, l'eau reprend toujours, à température ordinaire, son état naturel.

De même, qui peut douter de leur caractère superficiel ? Quoi de plus naturel que l'eau, sous l'influence du froid, agglomère ses molécules, les enchaîne les unes aux autres, et acquière finalement cette rigidité qui caractérise la glace ? Éprouvons-nous la moindre difficulté à concevoir que, sous l'action de la chaleur, les molécules d'eau liquide se séparent les unes des autres, prennent l'état gazeux en nous présentant ce stade de nuage blanchâtre intermédiaire entre l'état franchement aériforme et l'état liquide ordinaire ?

Dans ces phénomènes, l'intervention de causes purement physiques semble tellement évidente que nul ne songe à reporter sur la substance même de l'eau ces changements surperficiels.

. Du point de vue chimique constate-t-on des différences plus profondes entre les trois états de l'eau ?

Nullement ; au cours de ces métamorphoses l'eau conserve toujours sa même fonction, ses mêmes affinités. Tout au plus,

[1]) Dressel, *Natur und Offenbarung*, XV, pp. 173-182. — Schaaf, *Institutiones cosmologicae*, p. 340. Romae, 1907.

peut-on signaler quelque légère différence d'intensité d'action due à la différence de température.

En est-il ainsi du sel de cuisine NaCl que l'auteur de l'objection a lui-même choisi comme terme de comparaison ?

La diversité des deux phénomènes nous paraît radicale. Comparés, non plus à des températures différentes comme les états solide, liquide et gazeux de l'eau, mais dans les mêmes conditions physiques de température et de pression, le sel de cuisine d'une part, le sodium et le chlore de l'autre, se présentent à nous avec des propriétés réellement irréductibles. La couleur, la saveur, l'odeur, la solubilité, les propriétés spectrales, l'état naturel, etc., bref, l'ensemble des propriétés physiques des composants se trouve profondément changé dans le composé nouveau, avec, en plus, cette particularité que ce changement persiste en l'absence des causes qui l'ont provoqué.

Mais c'est surtout dans leurs propriétés chimiques que le chlore et le sodium paraissent avoir subi les plus profondes altérations. Aussi, nous ne craignons pas d'affirmer avec les maîtres de la chimie moderne [1]), qu'entre le sel de cuisine et ses composants, la différence des affinités chimiques est énorme, et que la distinction spécifique, admise par nos adversaires entre bon nombre d'espèces élémentaires, se justifie beaucoup moins bien que la distinction spécifique placée par les partisans de l'unité entre le mixte NaCl et ses composants.

En résumé, tandis qu'un examen, même superficiel, nous incite à rattacher au relâchement ou au resserrement des liens intramoléculaires les changements d'état et les légères altérations qui en résultent, l'étude attentive de la combinaison NaCl nous autorise à rechercher une cause plus profonde des métamorphoses qui ont marqué la formation de ce corps.

[1]) OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, p. 287. Leipzig, Veit, 1902. — NERNST, *Traité de chimie générale*, tome I, p. 461. Paris, Hermann, 1911.

II. Objections d'ordre biologique

212. Difficulté tirée des métamorphoses de l'être vivant. — Les scolastiques anciens et modernes font grand état, dit-on, des métamorphoses accidentelles produites par la combinaison chimique. Pour eux, le composé constitue une vraie individualité, un nouvel être, puisqu'il revêt un ensemble de propriétés irréductibles aux propriétés des composants.

Or, pareille assertion contredit une foule de faits incontestables, relevant du domaine de la vie.

L'être vivant n'est-il pas soumis à de multiples changements ? Que de métamorphoses ne subit-il pas depuis son état embryonnaire jusqu'à l'âge adulte ? Quelle ressemblance établir entre le gland et le chêne gigantesque qui fait la gloire de la forêt ? Cependant, sous ces formes si disparates, c'est le même être qui se perpétue, conservant, à travers toutes ces étapes, son essence invariable. Pourquoi la matière inorganique ne serait-elle pas douée d'une semblable plasticité ? Pourquoi l'atome de carbone, entraîné dans les composés de la chimie, ne pourrait-il pas y persister avec ses notes spécifiques, et cela malgré les propriétés nouvelles qu'il y reçoit ? L'analogie, on en conviendra, est saisissante, incompatible avec l'hypothèse des transformations essentielles [1]).

213. Réponse. — Cette critique de nos contradicteurs amoindrit, au profit de la matière brute, les anciens privilèges de la vie. C'est un rapprochement ingénieux, sans doute, mais condamné par l'étude comparative des deux grands règnes de l'univers.

L'être animé évolue, se développe et présente, au cours

[1]) Charousset, *Le problème métaphysique du mixte* (*Revue de philosophie*, 1903), p. 667.

de son existence, des caractères à peine ébauchés au stade embryonnaire de son développement. Soit. N'est-ce pas tout juste la caractéristique de la vie végétale, animale et humaine ? Parce que doué d'un principe d'activité organique dont il est lui-même l'agent et le bénéficiaire, l'animal, comme la plante, doit se nourrir, s'accroître progressivement et passer des formes imparfaites de la vie fœtale aux formes achevées qui réalisent la perfection de son espèce. L'organisation complète d'un être adulte, la constitution de nombreux organes nécessités par la division du travail, l'apparition finale de propriétés contenues en germe dans l'état initial, mais alors incapables de se révéler faute d'organes appropriés, tout cela est nécessairement le terme d'une lente évolution.

Le changement, telle est donc la loi naturelle de la vie organique. Toutefois, pour en comprendre la nécessité, il faut se rappeler le caractère spécial de l'être vivant et sa destinée essentielle, qui est d'atteindre son plein épanouissement par l'expansion progressive de ses activités immanentes.

Tout autre est la loi du minéral. S'il est, lui aussi, le dépositaire d'un principe interne de finalité, il tend avant tout, en vertu de ce même principe, à conserver l'intégrité de son être, ses énergies et les multiples réalités accidentelles dont il est orné. Tandis que l'équilibre instable, toujours rompu, toujours momentanément rétabli, est la condition normale de la vie, l'immutabilité est l'état naturel du corps inorganique. Elle répond tellement à ses exigences natives, qu'en dehors des combinaisons chimiques, il restaure de lui-même ses propriétés modifiées par les agents physiques. L'eau, naturellement liquide, revient à son état ordinaire dès qu'on la soustrait à la source de chaleur qui l'avait volatilisée. Maints corps, après avoir revêtu les teintes les plus variées sous l'empire d'un calorique élevé, reprennent à froid leur coloris habituel. Les gracieuses formes des substances cristallisées disparaissent par la fusion, pour renaître au sein même du liquide à mesure que la température s'abaisse. Partout enfin, dans le monde

minéral, se révèle cette propension innée à la stabilité, à l'immobilité.

Sur quel fondement repose donc l'analogie que l'on prétend découvrir entre les deux grandes classes d'êtres de notre monde : les corps minéraux et les substances vivantes ? N'y a-t-il pas entre elles, au triple point de vue de leurs principes fonciers, de leurs destinées et de leurs tendances, une opposition radicale où l'on saisit sur le vif les multiples causes des métamorphoses continues des uns et de l'invariabilité des autres ?

Or, puisque les corps inorganiques se montrent éminemment conservateurs de leurs propriétés natives, conçoit-on qu'il puisse leur être naturel de se prêter, sans jamais changer d'espèce, à toutes les vicissitudes de la combinaison chimique ?

Il y a plus : cette tendance si prononcée des corps simples à défendre l'intégrité de leur décor accidentel, s'évanouit complètement dans le composé. Une fois engagés dans le nouvel édifice moléculaire, ils ne cherchent plus à réintégrer leur état primitif et opposent même une résistance parfois très considérable aux causes désagrégeantes. Ne faut-il pas y voir un indice non douteux que ce nouvel instinct de conservation est révélateur d'un corps nouveau, substitut des corps élémentaires disparus ?

La conclusion qui se dégage de cette étude comparative est, nous semble-t-il, tout à l'avantage de la théorie thomiste ; elle en montre les harmonies avec les principes fondamentaux de la classification des êtres matériels.

214. Difficulté tirée de la loi de l'homogénie. — Une deuxième difficulté à laquelle certains auteurs paraissent accorder une importance exceptionnelle, est tirée de la loi de l' « homogénie ».

Dans les trois règnes de la vie, l'homogénie ou l'identité spécifique des générateurs et de l'engendré, constitue la loi naturelle de la génération. L'animal produit toujours son

semblable ; la plante donne naissance à une graine qui en propage l'espèce. De quel droit ceux qui estiment que la production du mixte inorganique est une vraie génération, limitent-ils cette loi générale, et soustraient-ils à son empire les phénomènes du règne minéral ? Pour les thomistes, on le sait, le composé est une espèce nouvelle résultant du concours simultané de plusieurs corps hétérogènes, c'est-à-dire de plusieurs autres espèces.

Au reste, l'hypothèse de l' « hétérogénie », appliquée aux activités génératrices de la matière brute, n'est pas seulement une théorie arbitraire, en conflit avec les procédés généraux de la nature ; elle renouvelle en plus, sous une forme déguisée, la vieille hypothèse des générations spontanées si victorieusement bannie de la science par les immortelles découvertes de Pasteur. Quand on admet en effet qu'une espèce donnée, par exemple, le composé chimique, peut avoir pour origine des corps appartenant à d'autres types spécifiques, on refuserait sans raison à la matière minérale la puissance de produire, dans des circonstances spécialement heureuses, un être doué de vie [1]).

215. **Réponse.** — Que faut-il penser de cette nouvelle objection ?

Qui prouve trop, dit un vieil adage de logique, *ne prouve rien*. C'est le cas de redire cet aphorisme bien connu. .

La loi de l'« homogénie », écrit-on, régit les générations de tous les êtres organisés ; elle ne comporte aucune exception dans le domaine de la vie. Si elle est universelle, il faut par conséquent l'étendre à tous les corps inanimés, notamment à tous les corps simples de la chimie. Conclusion logique, évidemment fausse, car jamais un atome de carbone n'a transformé l'hydrogène ou une substance quelconque en un être de son espèce.

[1]) Charousset, *Le problème métaphysique du mixte (Revue de philosophie,* 1903), pp. 673 et suiv.

La loi invoquée est donc sans application au monde inorganique, et, dans l'hypothèse de nos contradicteurs, l'exception qu'elle rencontre est aussi radicale que possible, vu que les minéraux sont incapables d'engendrer soit de l'homogène, soit de l'hétérogène.

On le voit, les deux interprétations de la nature des composés chimiques, données l'une par l'opinion thomiste, l'autre par l'opinion récente, consacrent l'une et l'autre une dérogation réelle à la règle qui préside aux activités des êtres vivants. L'opinion thomiste conserve à la loi son universalité absolue, quant au fait de la génération. Elle la subdivise quant à son mode d'application, en admettant l'homogénie pour les êtres vivants, l'hétérogénie pour les substances minérales. La seconde opinion, au contraire, refuse à cette dernière catégorie de corps toute puissance génératrice.

Exception pour exception, nous préférons la première. Outre qu'elle est moins radicale, elle nous paraît plus conforme à l'expérience et à la nature respective des corps vivants et inanimés.

L'observation, disons-nous, la confirme.

La transformation des espèces n'est plus une simple hypothèse. Elle se vérifie toutes les fois que la matière minérale, emportée par le tourbillon de la vie, devient une partie intégrante d'un organisme. Là, en effet, elle se dépouille de son empreinte spécifique et revêt la forme essentielle, soit de la plante, soit de l'animal. A la mort, le phénomène inverse se produit : les parties matérielles perdent leur principe de vie et reprennent les formes inférieures des éléments ou des composés inorganiques.

Le passage de la matière brute à des états substantiels nouveaux, grand épouvantail de la théorie antagoniste, est donc un fait constant, que nos contradicteurs ne peuvent contester sans compromettre l'unité essentielle qu'ils accordent comme nous à tous les êtres vivants.

Que le mode de génération diffère dans les deux règnes de

notre monde, c'est aussi, ajoutions-nous, une conséquence nécessaire de la diversité générique qui distingue la matière vivante de la matière inerte.

Selon le cours naturel des choses, l'œuf et la graine sont dépositaires des traits essentiels de l'agent générateur dont ils découlent. Qu'y a-t-il là d'étonnant? Avant de se détacher de leur souche, n'en étaient-ils pas un élément intégrant et le but primordial de son activité foncière? L'immanence de l'action, voilà bien la vraie et l'unique garantie de cette similitude de nature? Le composé, lui, ne peut évidemment jouir de pareil privilège. Résultat des activités transitives de deux corps hétérogènes, il doit être normalement un terme intermédiaire où se fusionnent en une unité harmonique les caractères spécifiques des générateurs, c'est à dire une espèce nouvelle.

Afin d'infirmer l'hypothèse de l'« hétérogénie », on a encore essayé de la mettre en contradiction avec ce principe de philosophie d'après lequel la cause et son effet se trouvent toujours liés entre eux par un rapport de similitude ou d'identité. Telle substance, dit-on, telle activité. Donc impossibilité pour les éléments chimiques de réaliser le type spécifique du composé.

Il en est de cet adage comme de beaucoup de principes de métaphysique. Vrais dans leur formule abstraite, ils conduisent à de graves et funestes conséquences si l'on ne tient compte des conditions spéciales qui légitiment leur emploi.

Rappelons les différentes causes mises en jeu dans les réactions chimiques.

Tout effet est le produit de deux facteurs, d'une cause efficiente et d'un sujet récepteur. L'action, disaient avec raison les anciens scolastiques, tient de la manière d'être et des dispositions du sujet où elle est reçue, car celui-ci concourt aussi, à titre de cause matérielle, à la genèse de l'effet. La lumière nous en fournit un bel exemple. Bien que frappés

par un même faisceau de lumière blanche, tel corps se colore en rouge, tel autre en vert, tel autre en jaune safran.

Cette double causalité n'exprime néanmoins qu'une partie du mécanisme total de la combinaison. En fait, comme l'atteste le principe de physique : *toute action provoque une réaction égale et contraire*, le patient devient à son tour agent. Il en résulte que la formation du composé chimique le plus simple exige le concours simultané de quatre causes hétérogènes : deux causes efficientes, et deux causes matérielles, qui, toutes, tendent vers un même but, à savoir, le nivellement des propriétés saillantes, la constitution d'un même état qualitatif général.

Quel peut être le terme de cet échange d'activités ? Il est clair que la résultante finale sera d'autant plus unifiée, et à la fois d'autant plus éloignée des caractères distinctifs des substances réagissantes, que l'action a été plus intense. Celle ci vient-elle à briser l'harmonie qui doit exister entre la nature des êtres et leurs propriétés naturelles, la résultante nécessite alors la transformation des deux corps hétérogènes en un être nouveau dont elle devient le décor accidentel approprié. De la sorte, le composé, sous le double aspect de sa nature essentielle et de ses qualités, est un produit intermédiaire, fixé définitivement dans ses notes caractéristiques, doué d'exigences propres, constituant, en un mot, une espèce.

Où apparaît la contradiction ? Existe t-il une théorie plus conforme au principe de causalité sainement interprété ? C'est cependant l'exposé fidèle de la doctrine thomiste. Jamais elle n'a prétendu élever le mixte inorganique à un état de perfection qui ne fût virtuellement contenu dans l'ensemble de ses causes.

Les thomistes traditionnels n'ont donc pas à redouter les menaces ou les foudres de Pasteur. Tout vivant, écrivait le savant français, à la suite de ses longues expériences, naît d'un autre être vivant. Quoi qu'en ait pensé le moyen âge, cette vérité scientifique, nous l'acceptons volontiers comme

la condamnation d'une erreur incompatible avec la conception vraie du composé inorganique.

Autant il est rationnel d'accorder aux corps simples le pouvoir de se combiner et de donner naissance à un substitut qui leur assure une permanence virtuelle, autant il est inconcevable que des êtres inanimés communiquent au résultat commun de leur action un principe de vie totalement étranger à leurs natures respectives.

Dans le premier cas, l'effet préexiste virtuellement dans les agents qui le produisent. Dans le second, il leur est supérieur d'une supériorité d'ordre.

III. Objection d'ordre chimique

216. Première difficulté, tirée du fait d'isomérie. — Il existe en chimie toute une classe de corps qui, malgré leur composition identique, au double point de vue des éléments constitutifs et du nombre d'atomes, diffèrent cependant les uns des autres par leurs propriétés physiques et chimiques. On leur donne le nom d'*isomères*.

Sont dans ce cas, l'éther acétique $C_4H_8O_2$ et l'acide butyrique $C_4H_8O_2$.

L'éther acétique est un liquide, volatil à 72°, d'une odeur très agréable et neutre de réaction. L'acide butyrique normal n'est volatil qu'à 161° ; il se distingue surtout par son odeur nauséabonde et son caractère franchement acide.

Il y a là incontestablement deux espèces chimiques irréductibles.

Étant donnée l'identité de composition qualitative et quantitative de ces corps, le seul moyen, dit-on, d'expliquer la diversité de leurs propriétés est le recours aux formules de structure. De même qu'avec une quantité déterminée de matériaux on peut bâtir les édifices les plus divers, de même

la nature a le secret de produire des combinaisons isomères avec une même proportion de corps simples.

Les chimistes représentent ces corps par les formules suivantes :



Le fait d'isomérie nous montre donc l'intransmutabilité essentielle des atomes, ou, si l'on veut, leur persistance actuelle au sein des composés chimiques. Partout, en effet, où il est possible de modifier les relations interatomiques en sauvegardant les lois de l'affinité et de l'atomicité, on obtient, avec des matériaux identiques, des espèces différentes.

D'ailleurs, les constructions moléculaires, qui assignent à chaque individualité atomique un rôle et une place déterminés, sont seules à rendre compte des faits.

217. **Solution de cette difficulté.** — Pour qui admet l'homogénéité essentielle et *accidentelle* du composé chimique, le phénomène d'isomérie soulève une grosse difficulté ; il faut même l'esprit de système pour découvrir, dans les explications vagues qu'on en donne, un essai sérieux de solution.

Heureusement, l'interprétation du mixte inorganique, dont l'idée-mère fut proposée déjà par saint Thomas, est beaucoup plus large et se confirme au contact des faits nouveaux dont s'enrichit la science.

Pour le Docteur médiéval, tout composé est une espèce douée d'unité essentielle, un être *substantiellement* homogène, mais formé de parties intégrantes où les divers atomes générateurs se trouvent représentés par leurs propriétés natives atténuées.

Ce fait admis, la diversité des isomères et leur mode particulier de réaction s'expliquent sans peine.

Au lieu d'atomes groupés comme nous le représentent les formules, de façon à constituer des chaînons acides, basiques ou d'autres fonctions organiques, admettez dans l'être du composé, des parties qualitativement diversifiées, tenant la place des individualités atomiques disparues ; le corps n'exercera-t-il pas fidèlement, malgré son unité, le rôle assigné aux chaînons ?

Bien plus, les explications mécanique et thomiste subiront alors le même sort : la première ne saurait rendre compte des propriétés des isomères sans affirmer du même coup la validité de l'autre, car le groupement des parties qualitatives correspond adéquatement au groupement des atomes préconisé par les mécanistes ; d'autre part, les propriétés attribuées par nous à ces départements divers de l'être, sont justement celles que nos adversaires attribuent aux masses atomiques altérées par la réaction.

Enfin, les situations relatives des parties intégrantes sont tout aussi interchangeables dans notre théorie que le sont les atomes dans le système mécanique, ce qui nous donne le droit d'admettre le nombre d'isomères prévu par les calculs.

Quant à la cause qui différencie le mode de distribution des éléments intégrants du composé, elle réside pour nous comme pour les mécanistes dans le mode de préparation de ces espèces isomériques. L'expérience le prouve, pour obtenir des corps de nature différente, mais de composition identique, il faut employer des générateurs immédiats différents, ou, s'ils sont les mêmes, changer les circonstances de leur réaction de manière à réaliser une résultante de forces, propre au corps nouveau que l'on veut produire.

L'éther acétique, par exemple, provient de l'action de l'alcool ordinaire sur l'acide acétique. L'acide butyrique s'obtient aisément par l'oxydation prolongée de l'alcool butyrique primaire.

Or, d'après les idées scolastiques, tout changement dans la résultante des forces a sa répercussion sur la nature même du corps.

Au point de vue de la diversité des isomères, de leur nombre, de leurs fonctions, il est donc absolument indifférent qu'un principe spécifique unique fasse éclore dans les diverses parties du composé, conformément aux exigences de la réaction, les propriétés amoindries des atomes disparus, ou que ces mêmes atomes déprimés conservent leur individualité respective.

On nous dira peut-être : les formules de structure ont-elles donc acquis droit de cité en théorie thomiste ?

Oui, sans doute, elles rendent d'incontestables services quand il s'agit de figurer la manière dont les corps hétérogènes s'influencent mutuellement dans l'acte de la combinaison chimique. Ainsi entendues, nous les admettons volontiers. Au contraire, nous ne leur accordons aucune valeur si l'on prétend en faire des copies fidèles du composé déjà constitué. Appliquées à la réalité, elles détruisent l'unité du mixte inorganique en maintenant la persistance des individualités atomiques ; elles y introduisent des soudures simples ou multiples qui soulèvent de grosses difficultés sur le terrain de la chimie et de la philosophie.

218. **Objection.** — « Cette persistance des propriétés, dit le P. Schaaf, ne peut assurer le retour à l'état de liberté du nombre exact d'atomes virtuellement contenus dans le composé, que si la distribution et la distinction des groupes de propriétés s'est faite dans le composé avec *une exactitude mathématique*. Certes, pareille distribution n'est pas impossible. Qui oserait cependant affirmer que les choses se passent ainsi en réalité ? » [1])

[1]) SCHAAF, *Institutiones cosmologicae*, p. 364. Romae, 1907.

219. **Réponse.** — Avec le savant auteur nous admettons que la localisation des groupes des propriétés atomiques doit correspondre exactement aux divers départements qu'occupaient les atomes eux-mêmes avant leur transformation essentielle. Mais loin de nous étonner de ce fait, nous n'entrevoyons même pas de cause qui puisse en compromettre la réalisation.

En effet, quel était l'état accidentel des masses atomiques à ce moment précis où une forme nouvelle se substitue à leurs formes individuelles ? Absolument le même que dans l'hypothèse du mixte agrégat. La seule différence consiste en ce que, dans notre opinion, l'achèvement complet de cet état accidentel est suivi d'une substitution de formes essentielles, phénomène qui n'a pas lieu dans l'opinion adverse.

Or, si la localisation des propriétés atomiques et le caractère des altérations subies sont identiques dans les deux hypothèses, et cela jusqu'au terme de la réaction chimique, pourquoi donc la forme nouvelle du composé viendrait-elle, en se substituant aux formes atomiques, modifier les groupements des propriétés, élargir ou restreindre leurs départements antérieurs ? Pourquoi ne déploierait-elle pas ses virtualités conformément aux exigences des parties diverses qu'elle imprègne ? Et puisque les contours mêmes de ces parties intégrantes, hétérogènes ou identiques, se trouvaient déterminés avec une précision mathématique au moment de sa naissance, il nous paraît impossible que la forme nouvelle y introduise un changement quelconque.

A notre avis, cette hypothèse ne présente donc aucune difficulté. Elle a l'avantage d'expliquer très simplement les faits, et de maintenir l'unité des composés. Ce sont là des motifs pleinement suffisants d'y souscrire sans crainte.

220. **Deuxième difficulté.** — Lorsqu'on dissout dans une grande quantité d'eau un composé salin, par exemple NaCl, on constate que les propriétés de la solution représentent la somme des propriétés des composants, sodium et

chlore. Les composés chimiques tombent alors sous l'application rigoureuse de la loi additive ; preuve nouvelle que la combinaison n'avait produit dans les éléments que des changements superficiels.

« C'est un fait d'expérience général, dit Nernst, que dans une solution étendue, tout à fait comme pour un mélange gazeux, chaque composant conserve ses propriétés inaltérées, et qu'on peut donner les propriétés du mélange si l'on connaît celles de ses composants » [1]).

221. Réponse. — Le phénomène dont il s'agit porte le nom de *dissociation électrolytique*. Il se présente non seulement dans la solution aqueuse des sels, mais aussi dans celle des acides et des bases [2]). Voici, d'après la généralité des chimistes, quel est le caractère de cette dissociation.

Sous l'influence du dissolvant [3]), notamment de l'eau, le composé chimique subit une véritable décomposition [4]), et les parties mises en liberté se montrent chargées, l'une d'électricité positive, l'autre d'électricité négative. Parfois, les fragments du composé ne comprennent, chacun, que des masses atomiques. Tel est le cas du chlorure de sodium qui se scinde

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 438. Paris, Hermann, 1911.

[2]) Ces diverses substances peuvent subir une dissociation électrolytique dans d'autres dissolvants que l'eau, mais, d'ordinaire, la dissociation est alors beaucoup plus faible.

[3]) On admet aujourd'hui que le dissolvant exerce une action chimique sur le composé dissous. L'action est même, en général, d'autant plus forte que la constante diélectrique du dissolvant est plus grande. Cfr. Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, p. 42. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

[4]) Des faits très nombreux peuvent être invoqués en faveur de cette théorie. On en trouvera un exposé clair et complet chez Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, pp. 35-90. Paris, Gauthier-Villars, 1909. — Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, pp. 337-348. Paris, Hermann, 1911. D'après d'autres auteurs cependant, cette théorie soulèverait encore à l'heure présente de sérieuses difficultés. Cfr. Lemoine, *L'évolution de la chimie physique* (*Revue des Questions scientifiques*, janvier 1913).

en $\overset{+}{Na}$ et $\overset{-}{Cl}$. Parfois, on y trouve des éléments et des groupes d'atomes, ou même deux molécules plus simples. L'hydroxyde de potassium se décompose en $\overset{+}{K}$ et $\overset{-}{OH}$, tandis que l'acide sulfurique H_2SO_4 nous donne $\overset{+}{H}\overset{+}{H}$ et $\overset{=}{SO_4}$.

La dissociation électrolytique est donc une véritable désagrégation, affectée cependant d'un caractère particulier. Dans la décomposition chimique ordinaire, les éléments mis en liberté sont électriquement neutres. Au contraire, dans le phénomène de la dissociation, les deux particules qui en résultent sont électrisées, l'une négativement, l'autre positivement, et restent toutes les deux sous l'influence réciproque de leur charge électrique. On a donné à ces particules électrisées le nom d'*ions*.

De cette théorie communément admise aujourd'hui, résultent deux conséquences Puisque le corps dissocié subit une véritable décomposition, il est naturel qu'on découvre dans la solution la plupart des propriétés inaltérées des composants.

D'autre part, il est clair qu'à raison de leurs puissantes attractions électriques, les particules ne manifestent pas tous les caractères qui distinguent leur état d'isolement ou d'indépendance individuelle. En fait, l'ion de sodium ne décompose pas l'eau ; l'ion de chlore ne lui communique pas davantage sa couleur jaune.

Toutes les particularités de cet étrange phénomène s'expliquent donc aisément à la lumière de la théorie de la dissociation électrolytique, mais l'état d'un corps dissocié et celui d'un corps composé sont deux états qui s'excluent mutuellement ; il serait antiscientifique de les confondre ou de vouloir identifier leurs traits distinctifs [1]).

[1]) Au cours d'un article intitulé : *Physical Science versus Matter and Form* (*Dublin Review*, octobre 1889), p 340, le R. C. Aherne, a prétendu que la *stéréochimie* contient des données inconciliables avec l'hylémorphisme.

Il nous serait très agréable d'examiner ici les critiques, d'ailleurs superficielles, de l'auteur. Mais la stéréochimie est une science déjà très vaste et

IV. Objections d'ordre métaphysique

222. **Difficulté tirée de la notion de substance incomplète.** — Tout être essentiellement transformable contient une pluralité de parties constitutives, qu'on appelle en langage scolastique, du nom de « matière première » et de « forme substantielle ». L'une et l'autre sont des substances *incomplètes*, incapables d'une existence isolée.

Or, admettre semblables réalités, n'est-ce point placer entre la substance proprement dite et les propriétés accidentelles de l'être, un intermédiaire créé pour les besoins de la cause, une entité que la raison réprouve ? En un mot, y a-t il des degrés dans la substance ?

223. **Réponse.** — Cette objection confond les deux aspects sous lesquels se présente la réalité substantielle.

Envisagée d'un point de vue négatif, la substance, quelle qu'elle soit, exclut nécessairement l'inhérence naturelle à un sujet présupposé, car toute détermination reçue dans un être subsistant de lui-même est un accident. Sous cet aspect, la substance ne comporte pas de degrés.

Aussi, la matière et la forme satisfont-elles à cette première condition. Ni l'une ni l'autre ne prennent leur point d'appui dans un substrat préexistant ; elles constituent par leur indissoluble union la première essence susceptible d'une existence indépendante. Et par là, elles se distinguent de toute réalité accidentelle dont la caractéristique est l'aptitude naturelle, exclusive à exister dans un sujet complet.

peu familière à la plupart de nos lecteurs. Il conviendrait donc d'en faire un exposé détaillé qui sortirait des cadres de ce livre.

Qu'il nous suffise à ce moment de rappeler à notre contradicteur que, si la stéréochimie a rendu de réels services à la science, aucun chimiste cependant n'a considéré jusqu'ici les formules qu'elle emploie, comme la traduction fidèle de la réalité. Tous, au contraire, n'y voient que des symboles utiles pour la distinction, la classification et la découverte des isomères.

Considérée au contraire dans son caractère positif, la substance ne jouit pas toujours de la même perfection : l'Être divin porte en lui-même la raison de sa nécessaire subsistance. L'ange a reçu son existence du Créateur ; il est essentiellement contingent, mais il subsiste dans la simplicité de son essence. Le corps, lui, marqué d'une imperfection plus grande, dépend, pour exister, de l'étroite union de plusieurs éléments constitutifs.

Sous le rapport de la perfection subsistentielle, il y a donc dans la nature des degrés manifestes. Et puisque les parties intrinsèques du corps concourent, chacune à sa manière, à la constitution de la substance, pourquoi ne pourrait-on pas les appeler des parties consubstantielles ou des substances incomplètes, désignant par là leur rôle primordial ou le résultat de leur union ?

224. **Difficulté provenant d'une nouvelle conception de l'unité.** — Il n'est point nécessaire, pour sauvegarder l'unité du composé chimique, de défendre la théorie hylémorphique préconisée par saint Thomas et son École.

Supposez qu'à la suite d'un échange d'activités, deux corps, considérablement affaiblis dans leurs énergies natives, et devenus impuissants à réaliser *isolément* certains effets naturels, s'unissent dans le but de secourir leur indigence respective. Il peut résulter de cette union intime un pouvoir d'action nouveau, réellement indivis, proportionné cette fois aux effets à produire. Si cette association se fait entre les principes fonciers d'activité, il en résultera une *nature* nouvelle et par suite un *être* nouveau, celui du *composé,* avec cette particularité que chaque corps conservera sa substance individuelle, son être propre [1]).

[1]) P. Palmieri, *Institutiones philosophicae,* vol. II. *Cosmologia,* c. II, th. XVI. Romae, Typ. della pace, 1875.

225. Critique. — L'unique moyen de concilier ces deux choses paradoxales, l'unité du composé et la pluralité d'êtres composants, serait d'établir une distinction réelle entre la nature et la substance. Alors, l'unification des natures n'entraînerait pas nécessairement la disparition des individualités substantielles. Mais pareille distinction appartient exclusivement à l'ordre mental. Que l'intelligence considère la substance comme le premier constitutif d'une chose (essence) ou comme son principe foncier d'énergie (nature), toujours est-il que sous ces aspects logiques divers se cache une seule et même réalité.

Dès lors, un sacrifice s'impose. Ou bien chacun des composants du mixte inorganique reste en possession de sa nature, de son être substantiel, et le composé demeure un agrégat, car il y aurait contradiction à combiner l'unité essentielle avec une pluralité de même ordre. Ou bien il se produit une fusion réelle des composants en une nature nouvelle, et dans ce cas, les substances elles-mêmes perdent leur individualité et leur espèce, ce qui suppose la doctrine thomiste de la transformation substantielle [1]).

226. Difficulté tirée du rôle des formes. — « Une forme supérieure, dit-on, contient virtuellement la perfection des formes inférieures. Il est donc inutile d'admettre plusieurs formes essentielles dans un même être. Or, ce principe scolastique n'est pas exact : l'âme humaine, par exemple, ne contient pas la perfection de la forme essentielle du lion, du poisson, de la fleur. On a donc tort de supposer que l'âme

[1]) « Impossibile est quod eorum quae sunt diversa secundum esse sit operatio una. Dico autem operationem unam, non ex parte ejus in quod terminatur actio, sed secundum quod egreditur ab agente. Multi enim trahentes navim, unam actionem faciunt ex parte operati quod est unum, sed tamen ex parte trahentium sunt multae actiones quia sunt diversi impulsus ad trahendum. » S. Thomas, *Sum. cont. Gent.*, lib. II, c. 57.

humaine possède les virtualités des formes élémentaires des corps chimiques qui constituent l'organisme »[1]).

227. **Réponse.** — Nous ne connaissons aucun scolastique qui ait jamais interprété le principe précité dans le sens de l'objection. La vraie signification de cet adage, la voici : dans l'évolution progressive de la matière, une forme supérieure unique se substitue aux formes inférieures qu'elle *supplante* et en contient virtuellement toutes les perfections.

Dans une plante, par exemple, le citronnier, le principe de vie n'est point le substitut naturel des formes essentielles de tous les composés chimiques minéraux ou organiques ; il ne remplace en fait que les formes des corps que cette plante contient ou est capable de former. Aussi chaque espèce de plante a sa constitution chimique propre. Il existe actuellement plus de trente substances qui possèdent la même composition chimique que l'acide citrique $C_6H_8O_7$. Or le citronnier n'en produit qu'une seule et toujours la même, savoir, l'acide citrique[2]). Comme le dit M. Duclaux, « le travail de la plante est donc absolument *sur.* »

D'ailleurs, l'adage scolastique : « toute forme essentielle naît dans un sujet prédisposé et exigitif de cette forme », cet adage, disons nous, suffit à lui seul à déterminer le vrai sens du principe critiqué. Si la nature elle-même exige une adaptation parfaite du sujet récepteur à la forme reçue, il en résulte que les virtualités de la forme nouvelle doivent répondre aux virtualités des formes disparues et que partant le principe supérieur contiendra la perfection, non pas de toutes les formes inférieures mais de celles-là auxquelles il s'est naturellement substitué.

Une forme nouvelle, il est vrai, peut communiquer à la matière une perfection que ne contenaient pas les formes dis-

[1]) Donat, *Cosmologia*, p. 139. Oeniponte, Rauch (Pustet), 1913.
[2]) Duclaux, *La chimie de la matière vivante*, pp. 160-161. Paris, Alcan, 1910.

parues. Tel est notamment le cas pour l'âme humaine. Mais, même dans cette hypothèse, le principe spécifique nouveau ne renferme virtuellement, pour le monde minéral, que les formes des composés qui constituent la partie matérielle de l'homme ou que réclame le développement normal de l'être humain. En fait, il existe une multitude de corps chimiques qu'on ne trouve jamais dans notre organisme et qui en occasionnent même rapidement la mort.

L'adage scolastique sagement interprété justifie donc pleinement la condamnation de l'hypothèse pluraliste.

§ 7

Conclusion générale

228. Quelle est, parmi les diverses théories philosophiques modernes sur la nature du mixte, celle qui mérite nos préférences ? — Le problème du mixte inorganique est, sans doute, l'un des problèmes les plus ardus de la philosophie naturelle.

Aristote l'avait résolu dans le sens de l'unité ; pour lui, le mixte est un être, fixé dans ses notes essentielles par un seul principe spécifique.

Par contre, pour bon nombre de commentateurs de la pensée aristotélicienne, antérieurs à saint Thomas, le mixte est un agrégat au sein duquel chaque composant conserve son être individuel.

Avec le Docteur médiéval, la doctrine de l'unité reprend sa place d'honneur dans le système cosmologique et supplante si bien sa rivale qu'elle s'impose pour de longs siècles à la grande majorité des philosophes scolastiques. Malgré certaines nuances, d'importance secondaire, où se trouve toujours sauvegardée l'idée maîtresse de la conception thomiste, la doctrine de l'unité est restée, en effet, jusqu'à nos jours, la doctrine communément acceptée par les tenants de l'École.

Depuis quelque dix ans, les progrès rapides des sciences naturelles, et surtout les séduisantes théories dont s'est enrichi le domaine de la chimie et de la physique, ont remis en question la conception traditionnelle du mixte, en sorte que plusieurs philosophes se sont demandé si les nouveaux éléments du problème n'étaient pas plus favorables à l'opinion du mixte-agrégat qu'à la doctrine de l'unité, ou du moins, si l'on ne devait pas accorder aux deux opinions une égale probabilité.

L'importance de ce débat se laisse facilement soupçonner : l'unité du mixte une fois établie, on peut, en effet, en déduire d'emblée la composition essentielle de tout corps en matière et forme, et par suite les caractères de chacun de ces principes constitutifs ; l'analyse métaphysique de la nature corporelle prend ainsi son point de départ dans une donnée expérimentale. De plus, ce point de doctrine fait tellement corps avec les principes généraux qu'il paraît difficile d'y renoncer sans compromettre l'admirable unité organique du système.

Cependant, sauf certaines conditions, il serait peut-être excessif d'affirmer que le sort du système aristotélicien lui-même est nécessairement lié à celui de la conception unitaire du composé chimique.

Il reste donc à examiner avant tout les avantages et les désavantages de chacune des deux opinions.

A en croire ses partisans, la théorie du mixte-agrégat a 1° l'avantage de pouvoir accepter toutes les données et hypothèses modernes sur la structure des composés chimiques, et de s'accorder ainsi avec l'opinion des hommes de science. 2° Elle n'a plus à rendre compte de l'origine des formes essentielles dans le monde minéral, puisqu'elle en bannit toute génération naturelle. 3° Enfin, en atténuant l'importance des changements accidentels qui se produisent dans les combinaisons et décompositions des corps — ce qui conduit à la négation des transformations essentielles — elle croit exprimer plus

fidèlement les enseignements actuels de la science physico-chimique.

Ces avantages sont-ils aussi réels qu'on le dit ?

Les partisans de l'unité du mixte le contestent.

1° Si le cosmologue doit tenir compte de tous les faits dûment constatés, notamment des faits chimiques, il n'a pas le devoir d'accorder ses principes avec les hypothèses dont la validité n'est pas suffisamment démontrée. Jusqu'ici, aucun fait n'exige le sacrifice de l'unité des composés et si certaines parties des théories chimiques, telles les formules de structure, semblent répondre partiellement aux suggestions de l'expérience, la conception thomiste du mixte rajeunie peut les admettre en tout ce qu'elles présentent d'objectif.

Quant aux parties conjecturales, par exemple, les formules topographiques, qui sont, pour la généralité des chimistes, un simple moyen ou une pure méthode de classification, le cosmologue outrepasserait les données expérimentales en y voyant une expression certaine de la réalité.

D'autre part, autant l'opinion des savants lui parait respectable dans le domaine des faits, autant il se croit en droit de la discuter lorsqu'elle porte sur des problèmes situés aux confins de la science et de la métaphysique. Des raisons de commodité peuvent déterminer le chimiste à se rallier à l'hypothèse de la permanence actuelle des atomes dans le composé — ce qui d'ailleurs explique et légitime l'opinion commune des savants en cette matière — ; d'autres raisons, et peut-être non moins valables, peuvent justifier et même nécessiter l'attitude contraire du cosmologue.

2° Second avantage : l'hypothèse du mixte-agrégat évite, dit-on, les graves difficultés de l'origine des formes essentielles.

Cette solution semble illusoire aux thomistes ; elle ne fait, dit-on, que transporter les difficultés du monde inorganique dans le monde des êtres vivants. En effet, à la mort de l'ani-

mal ou de la plante, la réapparition des formes essentielles des corps simples et composés de la chimie sous l'influence des forces communes de la matière soulève exactement le même problème que dans le monde minéral.

Que si les hypothèses explicatives des propriétés du mixte minéral sont incompatibles avec la théorie de l'unité, elles le seront, dans la même mesure, et cela en vertu de l'unité essentielle de tout être vivant.

Veut-on concilier néanmoins l'unité évidente de la plante et de l'animal avec la persistance actuelle des individualités atomiques, on se heurte à des difficultés inextricables.

3° Il y a enfin un troisième avantage : l'accord de la théorie avec les données expérimentales les plus récentes ; les changements constatés, dit-on, sont, même dans l'ordre chimique, relativement superficiels.

Les thomistes en conviennent volontiers, les altérations chimiques de la matière n'ont pas toujours l'importance qu'on est tenté, à première vue, de leur accorder. Mais ils y trouvent, même lorsqu'elles sont réduites à leur véritable valeur scientifique, des indices pleinement suffisants d'une transformation essentielle.

A son tour, l'hypothèse de l'unité se réclame de plusieurs arguments.

A citer d'abord la facilité avec laquelle elle rend compte de l'unité de tout être qui semble jouir de cette propriété. Dans le corps simple ou composé, comme dans la plante et l'animal, un seul principe foncier de spécification et d'orientation détermine la nature et l'espèce. De la sorte la doctrine maintient son unité sans jamais devoir faire appel à des hypothèses auxiliaires.

En second lieu, la finalité immanente qui consiste avant tout dans une adaptation naturelle et permanente du groupe des propriétés de chaque être à sa nature essentielle, cette

finalité, qui est la clef de voûte du système aristotélicien, semble être un mot vide de sens si tout être peut conserver sa nature spécifique à travers les vicissitudes dont le monde est le théâtre. En attribuant au mixte une véritable individualité nouvelle, la théorie thomiste répond aux exigences de cette loi de finalité.

En troisième lieu, le critérium de spécification, admis par les partisans du mixte-agrégat dans la classification des corps simples, s'applique avec non moins de rigueur aux composés, en ce sens que bien souvent les différences entre le mixte et ses constituants sont plus accentuées qu'entre certains éléments considérés comme des espèces bien définies.

Enfin, grâce à la doctrine de l'unité des composés, la théorie reste fidèle à la loi de continuité, d'ailleurs si manifeste dans le cours de la nature. Le monde en effet, malgré l'infinie variété des espèces qui le constituent, forme une échelle graduée où la gradation des êtres, sous le double rapport de leur perfection essentielle et de la richesse de leurs activités, ne connaît ni lacune, ni interruption.

A côté de ces avantages dont la théorie thomiste se prévaut, il y a aussi des critiques dont elle doit se défendre.

Les deux principales difficultés qu'on a coutume de lui opposer, ont été déjà exposées plus haut. Ce sont : l'origine des formes essentielles et le caractère des altérations produites par les réactions chimiques.

Si cette première difficulté, répondent les thomistes, devait condamner l'unité du mixte inorganique, elle condamnerait au même titre l'unité de tout être vivant : la dissolution d'un organisme entraîne en effet la réapparition des formes minérales comme celle d'un composé chimique implique la reviviscence des formes élémentaires; de part et d'autre les principes spécifiques nouveaux peuvent avoir les mêmes causes physico-chimiques, tels la chaleur, l'électricité ou un choc violent.

Au surplus, examinées du point de vue scientifique et

métaphysique, les causes invoquées paraissent pleinement suffisantes.

Quant aux altérations d'origine chimique, les partisans de l'unité, appuyés d'ailleurs sur l'autorité des savants qui les ont les premiers et peut-être le mieux analysées, croient pouvoir les invoquer en faveur de leur théorie des transformations essentielles.

Telles sont les pièces du procès. En quel sens trancher ce débat ? A laquelle de ces théories la prudence commande-t-elle de se rallier ?

Nous ne prétendons pas que l'opinion thomiste du mixte jouisse d'une certitude *absolue*. Nous ne prétendons pas davantage que *chacun* des arguments dont elle se réclame constitue une preuve péremptoire de sa validité. Mais il nous paraît, qu'au double point de vue des *faits* scientifiques et des *principes* métaphysiques qui sont à la base du système aristotélicien, la théorie de l'unité mérite encore le grand crédit qu'elle possède auprès de la plupart des scolastiques actuels. Aussi nous n'hésitons pas à lui accorder toutes nos préférences.

Néanmoins, dans l'étude de ce problème dont la solution peut dépendre en partie des découvertes et des progrès des sciences naturelles, il importe de suivre avec attention le mouvement signalé par la théorie antagoniste, notamment les travaux d'ailleurs si intéressants de la chimie physique.

CHAPITRE III

LA THÉORIE SCOLASTIQUE EST-ELLE EN HARMONIE AVEC LES FAITS ?

Avant de soumettre la théorie thomiste à l'épreuve des faits qu'elle a mission d'expliquer, examinons une question d'ordre général, celle de savoir à quelle particule de matière il faut attribuer l'individualité dans le monde inorganique.

Sans être principielle, cette question n'est cependant pas sans importance. Elle se pose toutes les fois qu'il s'agit de discerner les propriétés collectives de celles qui appartiennent à l'individu isolé.

De plus, souvent même, si on la laissait en suspens, on risquerait de ne donner des faits qu'une explication incomplète ou fausse [1]).

Question préliminaire : Quel est l'individu dans le monde inorganique ?

229. Opinion des anciens scolastiques. — Jusqu'au commencement du siècle dernier, les thomistes s'accordaient à douer d'unité essentielle tout corps apparemment *homogène* et *continu,* réellement distinct de tout autre.

Saint Thomas, d'ailleurs, n'avait-il pas défini l'individu : « quod est in se indistinctum, ab aliis vero distinctum » [2]) ?

[1]) Il nous serait, par exemple, impossible de résoudre le problème de la divisibilité des formes essentielles des corps inorganiques, si nous ne connaissions quel est en réalité le véritable individu chimique.

[2]) S. Thomas, *Summ. Theol.,* P. I, q. 29, a. 4.

Or, un bloc de marbre, quelles qu'en soient les dimensions, est constitué de particules de même nature et ne présente aux regards aucune solution de continuité. Ainsi en est il d'un lingot d'or, d'un barreau de fer, d'une nappe d'eau quelconque.

Toutes ces masses homogènes et en apparence continues semblaient donc réunir les conditions primordiales de l'individualité. Aussi n'éprouvait-on aucune peine à leur accorder ce privilège.

Le philosophe médiéval est lui-même tellement convaincu de cette doctrine, qu'il y cherche un appui à son opinion sur la divisibilité des formes essentielles. La pierre, dit-il, est une. Elle conserve néanmoins ses traits spécifiques dans toutes les parties qu'on en détache. Sa forme est donc divisible [1]).

230. **Cette opinion est controuvée par les faits.** — Plusieurs découvertes scientifiques, relatives à la constitution physique de la matière, nous obligent à modifier considérablement ces vues anciennes.

En réalité, aucun corps inorganique naturel, aucune masse corporelle *visible* ne jouit d'une véritable continuité. Seules des portioncules extrêmement ténues, trop petites même pour être isolément l'objet d'une perception sensible, sont douées de cette propriété. En un mot, dans le monde de la matière brute, tous les corps sont des agrégats d'individualités multiples, enchaînées par des forces attractives. Telle est, croyons-nous, la conclusion des données actuelles de la science.

Étudions les preuves principales sur lesquelles repose cette doctrine nouvelle.

231. **Première preuve.** — D'après une loi chimique qui ne comporte aucune exception, la nature d'un corps dépend non seulement de la nature de ses constitutifs, mais

[1]) S. Thomas, *De natura materiae*, c. 9.

aussi de la quantité de matière que ce corps renferme, en sorte que tout changement *quantitatif* entraîne avec lui un changement d'espèce.

L'acétylène C_2H_2 et la benzine C_6H_6 contiennent les mêmes éléments, le carbone et l'hydrogène, associés suivant le même rapport pondéral. Ils ne diffèrent entre eux que par une quantité absolue de matière, trois fois plus considérable dans l'une que dans l'autre. Cela suffit pour que ces deux corps constituent deux espèces irréductibles, très distinctes l'une de l'autre au point de vue chimique et physique. De même, le chlorure cuivreux CuCl et le chlorure cuivrique $CuCl_2$ n'offrent entre eux que des analogies lointaines, quoiqu'une simple différence quantitative de chlore soit la cause unique de leur distinction profonde.

Dans l'hypothèse où les corps sensibles possèdent une individualité rigoureuse, il devrait donc se produire un changement de nature à chacune des étapes de la division dont ces êtres sont susceptibles.

L'expérience ne révèle rien de semblable. Le fer, le plomb, le zinc et les autres métaux demeurent identiques à eux-mêmes à travers l'émiettement de leur masse.

D'où il résulte que l'individualité proprement dite réside dans des particules que ne peuvent atteindre les procédés mécaniques de division.

232. **Deuxième preuve.** — Des volumes égaux de gaz différents, nous dit la loi d'Avogadro, renferment, dans les mêmes conditions de température et de pression, un même nombre de particules libres. Ces particules, on le sait, sont animées de mouvements rapides, agissent chacune pour leur propre compte en exerçant autour d'elles des forces répulsives intenses lorsqu'elles se rapprochent les unes des autres. D'ailleurs, la facilité de leur déplacement au sein de la masse gazeuse se reconnaît à la rapidité avec laquelle s'opère le mélange des corps aériformes : en quelques instants, l'oxygène et l'azote

mélangés se trouvent répandus uniformément dans toutes les parties du bocal qui les renferme.

Il est clair que, dans pareil milieu, l'individualité peut tout au plus appartenir aux particules indépendantes, c'est-à dire à ces centres isolés d'action entre lesquels se développent les répulsions internes [1]). La reporter sur la masse entière reviendrait à douer ce corps d'activités immanentes, à lui attribuer la vie.

En passant à l'état gazeux, tout corps solide ou liquide se trouve donc disséminé en une multitude innombrable d'individus libres, invisibles, beaucoup plus réduits que les grains de poussière auxquels donne naissance la division mécanique.

Or, lorsque les particules gazeuses, soustraites à l'action de la chaleur, s'agglomèrent de nouveau pour reconstituer le corps solide, la forme essentielle dont chacune d'elles est investie, disparaît-elle au profit d'une forme unique qui viendrait étendre son empire sur la totalité de la masse?

Semblable hypothèse est inadmissible.

D'abord, les puissantes attractions mutuelles dont les moindres parties du corps sont le siège, prouvent assez qu'aucune des particules agglomérées n'a perdu son activité individuelle.

En second lieu, l'identité de nature chimique des molécules libres et du produit de leur condensation contredit, nous l'avons démontré plus haut, l'hypothèse d'un changement de formes essentielles [2]).

233. **Troisième preuve.** — La théorie cristalline, actuellement en usage dans les sciences physiques, a fait ses preuves. Il n'est plus un seul fait relatif à l'état cristallin qu'elle n'explique d'une manière satisfaisante. Aussi les cris-

[1]) La question de savoir si ces molécules gazeuses sont elles-mêmes des individus sera discutée bientôt.

[2]) Voir la première preuve, p. 388.

tallographes, sans exception, la considèrent ils comme une découverte de haute valeur et des mieux établies.

Pour se faire une juste conception d'un cristal, il faut se le représenter sous la forme d'un réseau à triple dimension, constitué de mailles régulières dont tous les nœuds seraient occupés par une particule cristalline. Dans cet assemblage, les distances interparticulaires et l'orientation interne sont réglées par le jeu des forces attractives et répulsives des particules agglomérées. La molécule cristalline, qui représente en miniature le cristal entier, est de la sorte un vrai centre d'activité, un facteur indispensable de l'équilibre intermoléculaire.

Or, ce postulat fondamental d'une théorie universellement acceptée n'est il pas la négation même de la doctrine que nous combattons ? D'évidence, il ne peut plus être question d'attribuer à cet assemblage qu'est le cristal, soit la continuité, soit l'unité essentielle. C'est là un double privilège dont jouissent peut-être les embryons cristallins, échelonnés le long du réseau, mais qui, en tout cas, ne saurait appartenir à aucune quantité plus considérable de matière.

Au surplus, la manière même dont le cristal se nourrit dans les solutions où il prend naissance, est un fait incompatible avec l'hypothèse du milieu continu. Les cristaux, en effet, ne s'accroissent point par intussusception, mais par simple juxtaposition de particules homogènes, douées chacune d'une forme cristalline.

En s'ajoutant aux anciennes, les particules nouvelles, loin de se fusionner en une masse unique, conservent donc forcément leur forme propre, leur individualité, et même leur couleur propre si les couches cristallines superposées appartiennent à des substances chimiques diversement colorées [1].

234. Données actuelles de la chimie. — Pour avoir relégué l'individu dans le monde des infiniment petits, nous

[1]) Tel est le cas pour ces cristaux que l'on nourrit alternativement dans deux bains, l'un violet d'alun de chrome, l'autre incolore d'alun de potasse.

ne connaissons pas encore le terme réel de cette voie régressive dans laquelle nous nous sommes engagés. Si l'individualité n'est l'apanage d'aucun corps perceptible par nos sens, à quelle particule matérielle appartient-elle ?

L'hypothèse atomique fournit à ce sujet quelques indications précieuses [1]).

[1]) Au cours de cet ouvrage, nous aurons souvent l'occasion de faire de larges emprunts à la théorie atomique. Il convient donc, pour dissiper tout doute au sujet de sa validité, de rappeler les faits scientifiques sur lesquels elle s'appuie.

Cette hypothèse peut se réclamer de trois arguments.

Le premier n'est que l'expression développée de la *loi des proportions définies*.

« Les corps, nous dit cette loi, se combinent suivant des rapports pondéraux, déterminés et invariables. » Pour former 18 grammes d'eau, il faut employer 2 grammes d'hydrogène et 16 grammes d'oxygène. Le rapport, 2 à 16, qui lie l'un à l'autre les deux constitutifs de ce corps, ne subit, dans aucune circonstance, la moindre variation. Or, si la nature n'imposait point une limite déterminée et invariable à la divisibilité de la matière, ce fait deviendrait inexplicable.

En effet, on ne conçoit pas comment l'oxygène, par exemple, peut résister au fractionnement indéfini de sa masse, si, au lieu du rapport désigné, on emploie le double, le triple, le quadruple de la quantité ordinaire d'hydrogène. Dans ce cas, vu la grande affinité mutuelle de ces éléments, toutes les particules d'oxygène devraient se subdiviser pour satisfaire les particules d'hydrogène, car toutes les particules de ce dernier corps sont douées d'une égale affinité. La division de l'oxygène et par suite le rapport pondéral dépendraient de la sorte, et de toute nécessité, des proportions relatives des masses réagissantes, proportions qu'il est possible de varier à l'infini.

La *loi des proportions multiples* nous fournit une seconde preuve non moins suggestive. Voici cette loi : « Il existe un rapport très simple entre les quantités variables d'un corps qui se combinent avec une quantité constante d'un autre corps. »

L'azote forme avec l'oxygène cinq oxydes différents qui ont respectivement pour formule : N_2O, N_2O_2, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5. La quantité constante d'azote est 28 ; celle de l'oxygène est de 16, 32, 48, 64, 80 ; c'est-à-dire qu'il existe, entre ces quantités variables, le rapport de 1 à 2, à 3, à 4, à 5. Jamais on n'a pu rencontrer d'intermédiaire entre la quantité minimale 16 et l'un des multiples désignés. En d'autres termes, les combinaisons chimiques se font par sauts brusques.

De nouveau, la constance de ce fait, dont la chimie nous offre tant

Quoique la division des corps simples, nous dit-elle, puisse s'étendre très loin, elle a cependant des limites déterminées, invariables pour chaque espèce. Les portioncules de matière réfractaires au fractionnement s'appellent « atomes ». Malgré leur extrême petitesse — un centimètre cube de fer fondu en contient plusieurs milliards — les atomes possèdent les propriétés distinctives de l'élément qu'ils représentent.

Chez les composés chimiques, le terme ultime de la division possible est la molécule. Ainsi la molécule du sel de cuisine NaCl, composé d'un atome de sodium et d'un atome de chlore, est la plus petite particule qui puisse être la dépositaire des propriétés de ce corps ; fractionnée davantage, elle perd sa nature et se résout en deux éléments indépendants.

L'atome pour les corps simples, la molécule pour les corps composés, voilà les deux degrés ultimes d'atténuation chimique de la matière.

Mais la fixation de ces unités chimiques irréductibles tranche-t-elle d'emblée la question de l'individu inorganique ?

Non. En effet, lorsque les hommes de science donnent à la *molécule du composé* le nom d'individu chimique, ils se

d'exemples, ne prouve-t-elle pas que la masse d'oxygène, représentée par 16, est réellement infractionnable ?

L'hypothèse atomique est encore confirmée par la *loi de Gay-Lussac* : « Les corps gazeux se combinent suivant un rapport simple de volume. »

L'acide chlorhydrique HCl résulte de la combinaison d'un volume d'hydrogène et d'un volume de chlore ; l'ammoniaque NH_3 comprend un volume d'azote et trois volumes d'hydrogène condensés en deux volumes, etc. D'où le rapport constant et simple de 1 à 1, de 1 à 3, etc... Au lieu d'observer les proportions indiquées, supposez que nous doublions ou quadruplions le volume de l'un des corps réagissants. Dans l'hypothèse où la matière serait indéfiniment divisible, l'autre corps devrait subdiviser son volume ou ses particules libres afin de pouvoir répondre aux affinités de son partenaire. Pareil fait ne se présente jamais.

Les récents travaux de Perrin ont apporté à la théorie atomique une puissante confirmation. Cfr. PERRIN, *Les preuves de la réalité moléculaire (Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Alcan, 1913). — *Les atomes*. Paris, Alcan, 1913. — Cfr. aussi D. NYS, *Cosmologie*, t. I, pp. 7-35.

soucient peu de savoir si elle est réellement *un être* plutôt qu'un agrégat d'atomes inchangés ; la plupart même la comparent volontiers à un édifice moléculaire, désignant par là la persistance actuelle des atomes combinés. Un fait est certain, c'est que les composants de la molécule sont solidaires l'un de l'autre et fonctionnent comme un tout indivis. Et c'est uniquement ce fait qu'expriment les chimistes par le mot plus ou moins heureux « individu ».

On le voit, ici déjà le champ reste ouvert à la discussion.

De même, l'existence individuelle des *atomes* dans le corps simple n'est pas davantage une conséquence évidente de la théorie atomique.

Sans doute, il est possible de dégager l'atome de la molécule, de le mettre en liberté ; il reste vrai qu'en règle tout à fait générale, on le trouve associé à d'autres atomes homogènes, en sorte que l'état moléculaire est son état normal. Les molécules libres du chlore, par exemple, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote sont toujours formées de deux atomes, bien que ces gaz aient une tendance prononcée à disséminer leur masse dans l'espace.

On est donc en droit de se demander si l'existence atomique n'est pas, pour le corps simple, une existence éphémère, essentiellement transitoire, destinée à disparaître dès que deux atomes homogènes se rencontrent. La forme moléculaire serait alors la seule forme naturelle de l'individu [1]).

En résumé, la théorie atomique nous fait connaître quelles sont les dernières unités chimiques qui limitent la division des corps simples et composés. Mais laissée à elle-même, elle est incapable de résoudre le problème de l'individualité, car elle n'a pas à se prononcer sur l'état substantiel de ces unités

[1]) D'après cette hypothèse, les deux atomes homogènes de chlore, par exemple, au lieu de conserver leur être individuel dans la molécule, se transformeraient, à la suite d'une combinaison véritable, en un être réellement nouveau, appelé « l'être moléculaire ».

ultimes. Bien plus, rien ne prouve *a priori* que l'agglomération progressive des atomes et des molécules dans les corps solides ou liquides n'a point pour résultat définitif la formation d'individus très complexes, de même nature que les unités primitives.

Pour démontrer l'impossibilité naturelle de pareil fait et limiter la question à l'étude des masses atomiques et moléculaires, il faut encore faire appel aux lois chimiques et physiques, invoquées tantôt contre l'ancienne opinion des scolastiques [1]).

235. Quel est donc l'individu inorganique? — Pour nous, l'individualité réside normalement dans l'*atome* du corps simple et la *molécule* du composé.

Cette doctrine comprend deux parties indépendantes l'une de l'autre.

Dans une étude antérieure, nous avons eu l'occasion d'établir la nécessité d'accorder au mixte inorganique l'unité essentielle. Il faut, disions-nous alors, ou renoncer à la distinction spécifique des corps simples et souscrire à l'homogénéité absolue de la matière, comme le soutient le mécanisme, ou bien étendre cette distinction aux composés eux-mêmes [2]).

Pour cette catégorie de corps, le problème de l'individualité se trouvait du même coup résolu, car la molécule est, dans le composé, la première particule de matière au sujet de laquelle ce problème puisse être soulevé.

Le débat actuel se trouve de la sorte circonscrit à l'*atome des substances élémentaires*.

236. Faits sur lesquels s'appuie cette théorie. — **1° Tous les atomes sont susceptibles d'une existence propre.** — Parmi les éléments, plusieurs ont une molécule

[1]) Voir nos 231 et 232.
[2]) Voir art. VIII.

gazeuse régulièrement monoatomique. Sont dans ce cas, le cadmium, le zinc et le mercure. Leurs atomes isolés peuvent même conserver indéfiniment leur individualité respective, si l'on maintient à la température voulue la source de chaleur volatilisante.

Le même fait se présente pour le chlore, le brome et l'iode; au delà de 1500°, les molécules se scindent et les atomes constitutifs deviennent libres.

Quant aux autres éléments que la chaleur est impuissante à réduire en masses atomiques indépendantes, deux procédés permettent de triompher de leur résistance : l'affinité, le courant ou l'étincelle électrique. Le moyen infaillible d'atteindre ce but est de choisir les combinaisons où l'élément se trouve engagé en quantité atomique, et de l'expulser par l'une ou l'autre force susmentionnée.

La molécule d'acide chlorhydrique par exemple, HCl, résulte de la fusion intime d'un atome d'hydrogène et d'un atome de chlore. Quand on fait réagir sur ce corps du sodium, celui ci, plus énergique que l'hydrogène, le chasse devant lui et prend sa place dans la molécule nouvelle $NaCl$.

Or, l'hydrogène expulsé ne peut évidemment renaître qu'à l'état atomique. Et supposé même qu'il ait une tendance innée à s'unir de suite à un autre atome de même espèce, encore faut-il qu'il jouisse d'une réelle indépendance depuis sa mise en liberté jusqu'au moment de son union nouvelle.

Les atomes de tous les corps simples ont l'aptitude naturelle à exister isolément [1]). Tel est le langage des faits [2]).

[1]) Selon M. Moureau, il est même probable que tous les métaux, à l'exception de l'aluminium, possèdent en solution une molécule monoatomique. Cfr. *Détermination des poids moléculaires*, p. 99. Paris, Carré, 1899.

Les métaux alcalins sont certainement monoatomiques à l'état gazeux ; il en est ainsi des gaz inertes qui se rencontrent dans l'atmosphère. Cfr. RAMSAY, *La chimie moderne*, vol. I, pp. 98-100. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

[2]) Cet argument tend uniquement à prouver que l'atome n'est pas, comme le soutiennent certains modernes, un être imaginaire ou une fiction utile. En montrant que non seulement il peut exister, mais qu'il existe en fait, au

237. 2° **L'atome est dans le corps simple le véritable individu fonctionnel.** — Des quatre-vingt-cinq éléments connus à l'heure présente, quatre-vingt-quatre font partie de la chimie inorganique. On les divise en corps positifs ou métaux, et en corps négatifs, appelés aussi métalloïdes. D'ordinaire, c'est entre ces deux catégories de corps, doués d'électricité contraire, que se réalisent les combinaisons les plus naturelles.

Quand on parcourt la liste, d'ailleurs très longue, des composés issus de ces éléments, on est étonné à la vue du rôle prépondérant qu'y jouent les masses atomiques. Dans un grand nombre de composés, un seul atome du métal est chargé de transmettre au composé les propriétés distinctives du corps simple. Et dans les autres cas où la quantité de l'élément positif est plus considérable, le nombre d'atomes métalliques engagés ne dépend nullement de la richesse atomique de la molécule libre, mais de l'atomicité des corps négatifs.

Les métalloïdes donnent lieu à la même constatation.

Viennent-ils à se combiner à des métaux monovalents, ils ne fournissent souvent au composé qu'un seul atome, comme le prouvent leurs combinaisons hydrogénées. Au contraire, l'atome du métalloïde se multiplie-t-il dans le composé, les lois de l'atomicité sont seules à régler sa part d'intervention et la composition moléculaire de l'élément négatif n'exerce alors aucune influence. En effet, tandis que la molécule libre du chlore contient deux atomes, les chlorures métalliques en renferment un, deux, trois, quatre ou cinq, selon la valence respective du métal. KCl. $MgCl_2$. $AlCl_3$. $SnCl_4$. $SbCl_5$.

La conclusion de tous ces faits est, qu'en chimie inorganique, l'atome lui-même se comporte comme l'individu fonc-

moins d'une existence passagère, nous écartons du débat une première opinion antiatomiste ; de la sorte, nous n'avons plus à résoudre que la question de savoir si cette existence de l'atome dans le corps simple est essentiellement transitoire ou permanente.

tionnel. Ou bien il agit seul, ou bien il intervient suivant un multiple qui peut toujours être figuré par un agrégat d'atomes.

Est-ce bien compréhensible dans l'hypothèse que nous combattons ?

Puisque la masse atomique se montre partout le vrai représentant du corps simple, et que la constitution de la molécule gazeuse ne détermine point la mesure de son intervention, est-il logique de lui refuser une existence individuelle ? Se peut-il enfin que son existence naturelle soit liée à une forme moléculaire, alors que son mode d'action correspond normalement à une forme atomique ?

Assurément, cette nécessité à laquelle on soumet l'atome, de se *combiner* toujours à d'autres atomes congénères et de revêtir une nature qui n'est pas la sienne, présente une anomalie frappante.

238. 3° **Les atomes sont les vrais dépositaires des propriétés des corps simples.** — Lorsqu'on range les éléments en séries horizontales d'après la valeur croissante de leur poids atomique, on remarque que les propriétés chimiques et physiques varient suivant une progression périodique, d'ordinaire en partie ascendante, en partie descendante. Cette belle découverte est due à Mendéleef [1]).

Les chimistes ont complété le travail ébauché par le savant russe, et à l'heure présente, presque toutes les propriétés se soumettent visiblement à la loi commune. Citons la malléabilité, la fusibilité, la volatilité, la conductibilité pour la chaleur et l'électricité, le volume atomique, les propriétés électrochimiques, l'atomicité et probablement aussi la dureté et les propriétés magnétiques.

Mais cet ordre admirable, qui régit l'ensemble des corps simples, ne se manifeste qu'à la condition de les sérier d'après leur poids atomique.

[1]) Cfr. D. Nys, *Cosmologie*, tome I, pp. 293 et suiv.

Dès qu'on essaye d'y substituer l'échelle des poids moléculaires, la loi de périodicité disparaît et fait place à des relations capricieuses et désordonnées.

Dans cette hypothèse, il faudrait, par exemple, multiplier le poids atomique du carbone par six, par douze, ou même par un chiffre supérieur, car telle est, pour divers chimistes, la richesse moléculaire de cet élément. L'arsenic et l'antimoine auraient leur atome quadruplé, le soufre doublé ou sextuplé, — la molécule gazeuse étant, d'après les températures de l'expérience, de deux ou de six atomes. Enfin, chez bien d'autres corps, le contrôle de la loi deviendrait impossible par suite de l'ignorance où nous sommes de leur poids moléculaire.

Quoi qu'il en soit, l'énorme majoration du poids de certains éléments introduirait des perturbations considérables dans la sériation actuelle.

Il faut donc le reconnaître, l'un des mérites incontestables de ce travail de systématisation est d'avoir mis en relief cette vérité, que l'atome est la source vraiment primordiale de toutes les propriétés des corps simples, et ultérieurement des corps composés.

Or, conçoit-on que les masses atomiques, à l'exclusion de la molécule, soient, d'une part, le sujet véritable des lois de progression périodique, la cause première de toutes les propriétés corporelles, et n'aient point, d'autre part, d'existence normale en dehors de la molécule ? En d'autres termes, ne semble-t-il pas que la forme atomique, bien loin d'être, comme le disent nos contradicteurs, transitoire ou de passage, soit, au contraire, la forme naturelle et fondamentale du corps simple[1]) ?

[1]) Cet argument n'est point infirmé par le fait que l'atome est apte à transmettre plusieurs de ses propriétés aux composés dont il fait partie. Ce fait, parfaitement compatible avec la persistance *virtuelle* des atomes dans le mixte inorganique, prouve au contraire que les propriétés sont réellement fonction de la masse atomique, ou mieux, en dérivent originellement.

Il fait donc ressortir le rôle prépondérant de l'atome, et par là, la nécessité de lui accorder une existence individuelle dans le corps simple, à moins

239. 4° L'hypothèse de l'individualité atomique se justifie par les conséquences de la théorie antagoniste. — Pour avoir rejeté l'existence individuelle de l'atome, cette théorie se voit obligée d'admettre l'unité essentielle de la molécule du corps simple.

Lorsque les atomes de chlore, dit-on, sont mis en liberté, ils se portent l'un vers l'autre en vertu de leur affinité mutuelle, se combinent, perdent leur forme respective et se revêtent d'une forme essentielle commune, appelée forme moléculaire. Cette dernière détermine l'état substantiel normal de l'élément.

On devine aisément les graves conséquences auxquelles conduit l'interprétation nouvelle.

Les chimistes, à l'unanimité, avaient défini l'affinité « l'attraction des contraires » ; ils exprimaient de la sorte la première condition imposée à l'exercice de cette force, à savoir l'hétérogénéité des masses réagissantes. Ici, au contraire, on pose en principe l'aptitude *naturelle, spontanée* des homogènes à la combinaison.

Sans doute, il n'est guère de loi physique qui ne comporte certaines exceptions, et, nous l'avons dit déjà, l'affinité elle-même n'échappe pas à cette règle [1]). Mais ce qu'il nous est difficile d'admettre, c'est que l'on place, au seuil même des activités du monde inorganique et pour l'ensemble des éléments, une tendance primordiale et universelle qui est la négation de la loi expérimentale.

Pareille dérogation devrait s'appuyer sur des preuves évidentes. Jusqu'ici ces preuves font défaut.

Les objections que l'on a soulevées contre notre théorie sont nombreuses. Arrêtons-nous aux principales [2]).

que des raisons péremptoires ne nous obligent à la lui refuser. De ce que le mercure et le chlore, par exemple, communiquent au chlorure mercureux Hg_2Cl_2 quelques-uns de leurs caractères, s'ensuit-il en effet que ces deux corps ne jouissent jamais isolément des propriétés qu'ils ont communiquées ?

[1]) Voir plus bas nos 247 et suivants.

[2]) Au Congrès tenu à Fribourg en 1898, le R. P. de Munnynck nous a fait l'honneur de discuter nos idées sur l'unité individuelle des atomes dans les

240. Première difficulté. — « Pourquoi, dit-on, si l'atome des corps polyatomiques, chlore, hydrogène, oxygène, etc., jouit d'une véritable individualité, n'existe-t-il pas à l'état isolé ? Car l'individu est bien l' « *indivisum in se et divisum a quocumque alio* ».

Qu'on nous permette d'abord de répondre à la question par une autre question. Pourquoi, si la molécule des corps simples, solides, et même liquides, jouit, comme on le soutient, d'une véritable individualité, n'existe-t-elle point à l'état isolé ? Comment se fait-il, par exemple, que dans un morceau de platine de 100 grammes, les molécules soient tellement enchaînées entre elles qu'une chaleur de 1700° ne parvienne pas à briser leurs liens, tandis qu'à 1500° la molécule du chlore se scinde déjà en ses atomes constitutifs ? Y eût-il dans ce fait une difficulté sérieuse, elle atteindrait, on le voit, les deux théories [1]).

Mais il n'est pas difficile de découvrir la cause réelle de ce phénomène.

corps simples. Notre opinion était alors ce qu'elle est aujourd'hui. Seulement, les dix lignes que nous lui avions consacrées dans *Le problème cosmologique*, ne contenaient qu'une ébauche ou plutôt une indication incomplète des preuves dont elle se réclame à l'heure présente. C'est pourquoi nous avons cru nécessaire de lui donner ici tout le développement qu'elle comporte.

Notre sympathique contradicteur, partisan convaincu de l'individualité *moléculaire* du corps simple, et par conséquent adversaire irréductible de l'existence atomique, a naturellement soulevé contre notre théorie bon nombre de difficultés. C'est un devoir pour nous de les rencontrer, d'autant plus qu'elles résument tout ce qui peut être dit de plus sérieux sur ce point.

Du choc des idées, dit le vieil adage, jaillit la lumière. Peut-être aurons-nous l'avantage, en exposant sous un jour nouveau l'une des faces du problème, d'en donner une connaissance plus exacte, et d'ouvrir ainsi la voie à une solution définitive.

[1]) Il nous importe peu de savoir quelle est, dans ce cas, la richesse atomique de la molécule « individu ». Si la théorie antagoniste est vraie, c'est à la masse entière de 100 grammes, et même à une quantité quelconque de ce métal, qu'il faut attribuer l'individualité. D'ailleurs, quel que soit l'émiettement de ce corps, on ne peut jamais dire qu'il en existe des molécules à l'état isolé.

A l'exception de quelques éléments gazeux, les corps simples n'ont point pour destination naturelle de se maintenir à l'état d'atomes ou de molécules isolés; et il est heureux qu'il en soit ainsi pour le régime de notre globe. Qu'adviendrait il si semblable hypothèse pouvait se réaliser? Tous ces corps, au contraire, ont une tendance innée à s'agglomérer, à constituer des masses plus ou moins compactes. Très accentuée chez les corps solides, cette puissance d'agglutination diminue chez les liquides, et atteint son minimum dans les corps gazeux où elle ne réside plus que dans les atomes constitutifs de la molécule.

Et de même que l'individualité des particules persiste au sein des masses solides agglomérées, ainsi celle des atomes peut se conserver intacte dans les masses moléculaires gazeuses du chlore ou de l'hydrogène.

Notons aussi que la notion d'individualité ne confirme pas davantage cette doctrine.

En la définissant « *indivisum in se et divisum a quocumque alio* », saint Thomas n'a jamais eu la pensée de soustraire l'individu à la loi de l'enchaînement de la matière, ou de faire, de l'état d'isolement, une des conditions essentielles de son existence. Pour lui, l'être individuel doit être indivis en lui-même et *distinct* de tout autre; peu importe qu'il soit uni à d'autres congénères ou qu'il en soit complètement séparé. C'est la définition qu'il en donne lui-même dans la *Somme théologique :* « quod est in se indistinctum, ab aliis vero distinctum » [1]).

Au surplus, l'opinion contraire se trouve manifestement démentie par les faits. Lorsqu'on soude ensemble des fragments de cuivre et de fer, aucun de ces corps ne perd sa nature spécifique, ni son individualité propre. Et cependant la

[1]) S. Thomas, *Summ. Theol.*, P. I, q. 29, a. 4.

cohésion est si forte qu'elle résiste encore à la température de six ou sept cents degrés.

241. Deuxième difficulté. — « Certains faits très généraux et incontestables démontrent que les molécules, tant simples que composées, sont des êtres de même ordre. Prenez, par exemple, la loi d'Avogadro. On se demande en vain pourquoi elle s'appuyerait dans un cas aux individus chimiques, et, dans un autre cas, à des agrégats d'individus. »

La loi d'Avogadro s'applique avec la même rigueur aux vapeurs de cadmium, de mercure et de zinc, aux composés chimiques, aux gaz chlore, azote, hydrogène, etc. Or, pour la grande majorité des chimistes, les molécules gazeuses de ces trois métaux sont monoatomiques ou constituées d'un seul individu, celles des autres corps forment des agrégats d'individualités distinctes. A notre connaissance, jamais aucun homme de science n'a vu dans cette opinion d'opposition réelle à la loi énoncée.

Bien plus, il est des cas où il semble très difficile d'attribuer à la molécule des composés une unité proprement dite. « L'application exclusive de l'hypothèse d'Avogadro à la détermination du poids moléculaire, écrit M. Swarts, peut également nous induire en erreur. On sait, en effet, que des groupements particulaires complexes, formés par la juxtaposition de plusieurs molécules, peuvent exister à l'état gazeux, et se maintenir parfois bien au delà du point d'ébullition. On connaît quelques composés additionnels, tels que $Al_2Cl_6 + NaCl$, volatils sans décomposition, et dans lesquels la chaleur n'a pas rompu l'association formée par les molécules *évidemment* distinctes » [1].

En fait, la loi d'Avogadro est indépendante de la *nature* des particules gazeuses. Dans les mêmes conditions physiques, un

[1]) Swarts, *Précis de chimie... exposée au point de vue des théories modernes*, 3e éd., t. I, p. 186. Gand, Hoste.

litre de gaz emprisonne toujours un même nombre de molécules, que ce soit de l'hydrogène H_2, de l'alcool C_2H_5OH, de la nitrobenzine $C_6H_5NO_2$, ou des corps à molécule plus complexe. En un mot, cette hypothèse considère la particule libre comme un centre de gravité, sans plus. Complètement étrangère aux notes spécifiques des corps, à leur complexité ou simplicité relative, tous les chimistes s'accordent à l'appliquer aux individus et aux groupes d'individus, pourvu que ceux-ci restent suffisamment enchaînés pour constituer un système indivis.

242. **Troisième difficulté.** — « Les atomes isolés sont des individus, mais ils perdent leur forme et leur individualité par leur incorporation dans la molécule du corps simple. Nous en avons la preuve dans l'énorme différence des atomes à l'état isolé d'une part, et d'autre part à l'état d'association avec d'autres atomes de même nature... Rappelons-nous en effet les caractères de virulence particulière et d'énergique activité que possèdent plusieurs corps à « l'état naissant ».

Le fait allégué est incontestable. Mais suffit-il à établir une diversité de nature entre l'état isolé et l'état d'association moléculaire de l'atome ? Non, car le même fait se constate dans de nombreux cas où l'interprétation donnée devient manifestement fausse.

« Un barreau de fer résiste à l'action de l'oxygène de l'air sec ; le fer réduit en fines poussières y brûle facilement, et nous connaissons une variété de fer, appelé fer porphyrique, dont l'état de division est tel que, mis au contact de l'air, il y prend feu, même à la température ordinaire » [1]).

De même, l'antimoine en gros fragments est peu sensible à l'action du chlore. Quand on le brise en petits morceaux, l'attaque devient plus vive. Et si on le réduit à l'état pulvérulent, la combinaison de toute la masse se produit

[1]) SWARTS, *ouv. cité*, p. 15.

instantanément avec une flamme brillante qui indique l'intensité de la réaction.

Quelle est la raison de ces faits ?

Il est évident qu'aux diverses étapes de division progressive auxquelles correspond un développement croissant d'énergie, il n'est intervenu aucun changement dans la nature du corps simple. Nos adversaires eux-mêmes le concèdent, les grains poussiéreux de fer et d'antimoine sont des agrégats de même espèce que le métal sensible. Il est donc impossible de rattacher ici cette différence considérable d'énergie à des états substantiels divers d'un même corps simple.

La vraie cause du phénomène, la voici : Les actions chimiques se passent au contact, entre des particules infinitésimales. Si les particules sont agglomérées, il faut au préalable briser les liens interparticulaires et dépenser de l'énergie. En un mot, plus les corps sont divisés, moins l'exercice de leurs affinités rencontre d'obstacles. C'est la traduction, en langage moderne, du vieil adage scolastique : « *corpora non agunt nisi soluta* ».

Dès lors, qu'y a-t-il d'étonnant qu'au dernier stade de la division, l'atome du corps simple, dégagé des liens qui l'enchaînaient dans l'édifice moléculaire, révèle une activité plus grande que dans son état d'association ? Le fait contraire devrait nous surprendre [1]).

[1]) « Si l'on n'admettait pas, écrit Lothar Meyer, que les corps simples à l'état libre, sont composés non pas d'atomes isolés mais de groupes d'atomes liés entre eux, beaucoup de propriétés des éléments deviendraient énigmatiques, tandis que par cette hypothèse elles s'expliquent naturellement.

» Il serait difficile de comprendre pourquoi ces éléments, qui à l'état simple n'ont que de faibles affinités, peuvent former plus facilement des combinaisons quand ils sont à l'état naissant. Ce problème s'éclaircit aussitôt, si l'on admet que les atomes groupés régulièrement à l'état libre, sont reliés ensemble pour former des molécules, et qu'à l'état naissant les atomes sont isolés.

» Dans le premier cas, avant qu'un atome puisse former une nouvelle combinaison, il faut vaincre la force qui maintient cet atome lié aux autres,

243. **Quatrième difficulté.** — « Si les deux atomes réunis dans la molécule Cl_2 jouissent chacun d'une véritable individualité, le lien qui les unit ne peut être qu'accidentel. Mais quel est ce lien accidentel qui semble s'opposer si puissamment à l'exercice des affinités les plus énergiques du chlore, et qui se rompt sous l'influence du premier rayon de lumière ? N'est-il pas plus logique d'admettre que les molécules tant de l'hydrogène que du chlore possèdent une forme unique ; que le mélange de ces deux éléments est inactif, mais qu'un rayon de lumière fait succéder à leur forme propre la forme subordonnée du Cl' et de l'H' ? Alors ces deux nouveaux individus, au lieu de se porter sur eux-mêmes, se combinent en vertu de leur affinité élective avec un atome hétérogène pour former la molécule HCl. »

La solution qu'on nous propose élude-t-elle la difficulté qu'éprouve tout chimiste dans l'explication de la combinaison de l'hydrogène et du chlore ?

L'anomalie du fait nous paraît, au contraire, plus étrange. En effet, comment la forme moléculaire de chacun de ces corps cède-t-elle si facilement la place à deux formes atomiques sous l'influence d'un simple rayon de lumière, tandis qu'elle résiste à une température de 1400°, quand le chlore n'est plus en présence de l'hydrogène ? La difficulté n'est-elle pas exactement la même, qu'il y ait unité ou agrégat moléculaire ? Car, ne l'oublions pas, dans les deux hypothèses, la scission des molécules du chlore et de l'hydrogène en leurs atomes constitutifs doit précéder la combinaison nouvelle entre atomes hétérogènes [1]).

mais dans le second cas, à l'état naissant, il n'y a pas d'obstacle de ce genre et les atomes isolés peuvent beaucoup plus facilement donner naissance à des combinaisons. » Cfr. LOTHAR MEYER, *Les théories modernes de la chimie*, t. I, p. 55. Paris, Carré, 1887.

[1]) A en croire plusieurs chimistes, une action réciproque se produirait réellement entre le chlore et l'hydrogène, même à température ordinaire, mais la vitesse de réaction est tellement faible, qu'après des années la proportion transformée est moindre que celle qui est atteinte en une fraction

Au surplus, nous trouvons en chimie bien des cas analogues où les anomalies apparentes constatées dans le mode d'activité chimique de la matière, ne peuvent avoir d'autre cause que le lien accidentel qui unit les particules agglomérées.

Comme nous l'avons dit plus haut, le fer en barreau demeure insensible aux énergiques affinités de l'oxygène pour lequel il a lui-même une très grande sympathie, tandis qu'il s'y combine avec incandescence, dès qu'il est réduit à l'état pulvérulent. Cependant la résistance qu'oppose le fer à la combinaison dans le premier cas, et la facilité avec laquelle il se combine dans le second, dépendent visiblement d'une simple différence de cohésion des particules métalliques.

de seconde quand on élève la température de quelques centaines de degrés. Cfr. NERNST, *Traité de chimie générale*, t. II, p. 269. Paris, Hermann, 1912. Plus loin, cet auteur ajoute : « Les questions qui ont pour but d'établir dans quelle mesure la lumière, pour chaque cas particulier, agit dans le sens de l'affinité chimique ou dans le sens opposé, ne sont pas encore résolues pour la plupart », p. 389.

ARTICLE PREMIER

Faits de l'ordre chimique

§ I

Les poids atomiques

244. Diversité des poids atomiques. — L'une des propriétés fondamentales des atomes est la masse ou le poids. Cette propriété est réellement spécifique, en ce sens que chaque corps simple a un poids atomique propre et invariable, en vertu duquel il occupe une place déterminée dans cette échelle graduée qui s'étend de l'hydrogène, le corps le plus léger, à l'uranium, le corps le plus lourd.

Quelle est la raison de ce premier fait ?

Pour les partisans du thomisme, la diversité des masses atomiques est une simple conséquence de la spécificité des corps élémentaires.

Si tout élément se caractérise par un principe déterminant qui élève la matière commune au rang d'espèce, rien d'étonnant qu'à des principes spécifiques divers soient associées des quantités diverses de matière première. Les deux parties constitutives de l'être, la forme et la matière, ne sont-elles pas liées entre elles comme l'acte à sa puissance naturelle ? Or, il est dans le vœu de la nature que de l'une à l'autre il y ait adaptation parfaite, et que, par conséquent, à la série progressive des formes essentielles élémentaires, corresponde une série analogue de quantités de masse ou de poids atomiques.

C'est, on le voit, une application nouvelle de cette pensée thomiste : « In corpore naturali invenitur forma naturalis

quae requirit determinatam quantitatem sicut et alia accidentia » [1]).

245. Constance des poids atomiques. — Malgré leur inégale grandeur, les masses atomiques sont toutes également indivisibles par les *forces chimiques* actuellement connues [2]).

Le mécanisme, nous l'avons vu, s'est trouvé dans l'impossibilité de concilier le dogme de l'homogénéité de la matière avec la persistance invariable de ces unités primitives à travers les transformations cosmiques. Comment concevoir, en effet, qu'une masse, partout homogène, ne soit point réduite dans tous les corps à des particules de même valeur ?

Pareille difficulté n'existe point pour la cosmologie scolastique.

[1]) S. Thomas, *Physic.*, Lib. I, lect. 9. — Il ne faudrait pas en conclure que toute diversité d'espèce entraîne nécessairement avec elle une diversité de poids. Les corps isomères prouvent le contraire. Ces corps, on le sait, sont parfois spécifiquement distincts les uns des autres, bien qu'ils soient constitués des mêmes éléments associés suivant un même nombre d'atomes. Tel est le cas, par exemple, des hydrocarbures, C_4H_{10}, C_5H_{12}, C_6H_{14}, etc. Le premier de ces composés comprend deux isomères, le deuxième trois, le troisième cinq. Remarquons cependant que, d'ordinaire, ces espèces sont très rapprochées l'une de l'autre.

Semblable fait se présente rarement pour les corps simples. Là, la différenciation porte à la fois sur la qualité et la quantité de matière. Et l'on comprend qu'il devait en être ainsi. Destinés à engendrer tous les corps de l'univers par leurs combinaisons multiples, et à réaliser cette diversité profonde d'espèces indispensable au régime de notre globe, les quatre-vingt-cinq éléments semblent pouvoir remplir plus facilement leur rôle si l'identité de masse ne diminue pas d'autant leur distinction originelle.

D'après un article sur le système périodique et les corps radioactifs, publié par M. Soddy dans la *Scientia*, 1913, le poids atomique ne constituerait pas un critérium certain de spécification, puisque des éléments chimiquement différents peuvent avoir un même poids atomique.

[2]) L'émiettement de l'atome, que l'on observe dans les phénomènes de radioactivité, ne se présente jamais dans les réactions chimiques ordinaires. Cfr. Herz, *Les bases physico-chimiques de la chimie analytique*, p. 12. Paris, Gauthier-Villars, 1909. — Nernst, *Traité de chimie générale*, tome I, p. 6. Paris, Hermann, 1911.

Sans doute, à n'envisager que la quantité abstraite ou mathématique, rien ne s'oppose à ce que les corps subissent des divisions toujours renaissantes et finissent par se fractionner en des produits partout identiques.

Mais, au delà de la quantité, il y a la substance avec ses exigences spécifiques. Et, de ce chef, la divisibilité de la matière comporte certaines limites que les énergies chimiques ne peuvent dépasser sans modifier la nature intime des corps. Chaque être a, en fait, une tendance innée à conserver l'intégrité de sa masse et oppose aux forces dissolvantes une résistance qui lui est propre. Il est donc naturel que chaque espèce élémentaire ait sa quantité spéciale de matière réfractaire à tout fractionnement.

« Etsi corpora mathematica, dit avec à-propos S. Thomas, possint in infinitum dividi, ad certum terminum dividuntur cum unicuique formae determinatur quantitas secundum naturam » [1]).

246. Le principe de la conservation de la masse. — Dans le monde matériel, écrit Lavoisier, « rien ne se perd, rien ne se crée. » Cela signifie que, « si l'on considère un système de corps complètement isolé, quelles que soient les transformations qui se produisent à l'intérieur du système, la masse totale reste rigoureusement invariable » [2]). En d'autres termes, les éléments transmettent intégralement leurs poids atomiques aux composés, et ils les retrouvent inchangés au sortir de leur état d'union.

Or, se peut-il qu'au sein des métamorphoses profondes admises par la physique aristotélicienne, métamorphoses qui nivellent, dépriment ou accroissent les propriétés corporelles, la masse, et elle seule, échappe à toute variation ?

[1]) S. Thomas, *De sensu et sensato*, Lect. 15.

[2]) H. Gautier et G. Charpy, *Leçons de chimie à l'usage des élèves des mathématiques spéciales.* Paris, Gauthier-Villars, 1892.

Oui, assurément, à telle enseigne que le fait contraire constituerait dans ce système une certaine anomalie. La quantité, en effet, nous l'avons établi plus haut, est le facteur par lequel s'exerce la fonction de masse, et cette quantité elle-même, fondée avant tout sur la matière première, est aussi invariable que son fondement. Étrangère à toutes les vicissitudes des natures spécifiques, elle demeure donc toujours proportionnée à sa cause originelle, c'est-à-dire à la portion de matière qu'elle affecte, et se reproduit sans altération sous les formes substantielles les plus variées [1]).

§ 2

L'affinité chimique

Quel que soit l'aspect sous lequel on la considère, l'affinité chimique est une des manifestations les plus frappantes de la diversité spécifique des corps inorganiques. Elle se révèle tout à la fois : 1° comme aptitude des contraires à la combinaison ; 2° comme tendance élective ; 3° comme force ou énergie chimique.

247. 1° L'affinité se manifeste comme une aptitude des contraires à la combinaison. — A l'encontre de la cohésion qui enchaîne les unes aux autres des masses quel-

[1]) Cfr. pp. 147 et suiv. — Lorsque l'hydrogène, par exemple, se combine à l'oxygène, toute la matière première des deux corps passe dans le composé, en sorte que l'unique quantité de la substance nouvelle ou de la molécule d'eau est exactement équivalente à la somme des quantités des atomes associés.

Nous avons exposé plus haut, n° 97, p. 150, la nouvelle conception de la masse, introduite dans les sciences physiques par la théorie électronique. Cette théorie est trop peu avancée pour que nous renoncions à la conception traditionnelle. Si elle se confirme au contact des faits et finit par prendre rang parmi les doctrines scientifiques certaines, nous indiquerons alors moyennant quels correctifs notre opinion actuelle peut être maintenue.

conques sans en altérer la nature, l'affinité tend à unir, mais en les fusionnant en un corps nouveau, les atomes ou molécules des substances hétérogènes qu'elle sollicite à l'action. En cela est la différence fondamentale qui distingue ces deux propriétés, l'une d'ordre physique, l'autre d'ordre chimique.

Aussi, la théorie scolastique regarde-t-elle le composé comme un être spécifiquement distinct de ses générateurs.

Or, pour que deux corps puissent, en vertu de leur affinité, nécessiter leur passage à un état substantiel nouveau, il leur faut nécessairement subir au préalable des altérations profondes et donner lieu à une résultante de forces incompatible avec leur nature respective, ce qui suppose l'hétérogénéité des substances réagissantes [1]). Des corps identiques ne peuvent se communiquer des propriétés qu'ils ne possèdent déjà, et toute interaction, si tant est qu'il s'en produise, maintiendrait toujours l'état d'équilibre initial, à moins que ces corps homogènes ne soient soumis à l'influence d'une force étrangère, telles par exemple, la chaleur, l'étincelle électrique, la pression, etc.

Ce phénomène se constate d'ailleurs chez les corps d'égale température : l'un vient-il à se dépouiller d'une partie de sa chaleur au profit de son congénère, il en reçoit aussitôt une compensation équivalente à ses pertes.

En un mot, l'affinité ou l'aptitude à la combinaison s'exerce avant tout entre corps hétérogènes [2]).

[1]) « L'existence d'un contraste polaire (électrique) dans l'action chimique réciproque, écrit Nernst, est donc indubitable, et elle apparaît sous un jour plus lumineux dans les phénomènes de l'électrolyse, où les représentants du premier groupe positif se rendent à la cathode, et ceux du second groupe négatif, à l'anode. »

Après avoir énuméré les exceptions, il ajoute : « Il semble qu'aujourd'hui où les phénomènes de l'électrolyse excitent de nouveau un vif intérêt, le dualisme tende à reconquérir une partie du terrain perdu, et que l'on ait une intelligence plus profonde et plus exacte de cette notion ». NERNST, *Traité de chimie générale*, tome I, pp. 324-325. Paris, Hermann, 1911.

[2]) L'affinité, disons-nous, ne s'exerce normalement et spontanément qu'entre corps hétérogènes. Est-ce à dire qu'il est impossible de former une espèce nouvelle avec des corps de même nature ? Telle n'est pas notre

Cette condition primordiale des réactions chimiques avait été formulée déjà par saint Thomas : « quae miscentur, oportet ad invicem alterata esse, quod non contingit, nisi in his quorum est materia eadem et possunt esse activa et passiva ad invicem » [1]).

De cette loi de l'affinité découlent deux conséquences que l'expérience confirme en tous points.

1° Les corps sont d'autant plus aptes à se combiner qu'ils sont, au point de vue chimique et physique, plus différents les uns des autres [2]).

2° Lorsqu'un élément se combine par ajoutes successives, l'affinité du composé pour cet élément diminue d'autant plus que ces ajoutes sont plus nombreuses. Les chlorures d'antimoine et de phosphore nous en donnent un bel exemple. La première combinaison de l'antimoine et du chlore, représentée par $SbCl_3$, dégage 91,39 calories; d'où il résulte que chaque atome de chlore dégage en moyenne plus de 30 calories. Si l'on ajoute à ce composé deux nouveaux atomes de chlore, le dégagement ne sera plus que de 13,48, c'est-à-dire de 7 calories environ pour chaque nouvel associé. De même $PhCl_3$ a

pensée. La formation de la benzine par polymérisation de l'acétylène suffirait à établir la possibilité de ce fait.

L'acétylène a pour formule C_2H_2. Quand on chauffe ce composé à 500°, trois molécules réagissent les unes sur les autres et se transforment en un corps nouveau qui est la benzine C_6H_6.

En soumettant à de fortes pressions et à une température convenable des hydrocarbures relativement très simples, on a pu former, en ces dernières années, par voie de polymérisation ou de condensation progressive, bon nombre d'hydrocarbures à poids moléculaire élevé.

Il peut donc se faire que des molécules de même nature revêtent ensemble un état substantiel nouveau, grâce à l'intervention d'une force étrangère physique ou mécanique capable de modifier suffisamment leur état accidentel.

1) S. Thomas, *Sum. cont. Gent.*, Lib. II, c. 56.

2) Henry, *Précis de chimie générale*, p. 61. Louvain. — Cfr. Dumas, *Leçons sur la philosophie chimique*, p. 425. Paris, Gauthier-Villars.

pour chaleur de formation 75,29, tandis que $PhCl_3 + Cl_2$ donne lieu à un phénomène thermique de 29,63.

La raison de cet amoindrissement progressif de l'affinité est bien simple. La première réaction se passe entre corps totalement hétérogènes, le chlore d'une part, l'antimoine ou le phosphore de l'autre. Dans la seconde combinaison, au contraire, l'antagonisme des masses réagissantes s'est affaibli, car le composé chloré reflète déjà partiellement les caractères du chlore qui vient s'y surajouter.

248. 2° **L'affinité est une tendance élective.** — Tous les êtres de l'univers, nous dit la théorie thomiste, ont été créés pour une fin. Ils doivent concourir à la réalisation et au maintien de l'ordre universel qui est la copie du plan divin, et, dans ce but, le Créateur les a doués d'inclinations foncières qui orientent leurs activités et assurent la stabilité des lois cosmiques.

« Natura nihil aliud est quam ratio ejusdem artis scilicet divinae, indita rebus, qua ipsae res moventur ad finem determinatum » [1]. « Et per hunc modum omnia naturalia in ea quae eis conveniunt, sunt inclinata, habentia in seipsis aliquod inclinationis principium, ratione cujus eorum inclinatio naturalis est, ita ut quodammodo vadant et non solum ducantur in fines debitos » [2].

Le principe de cette tendance est la forme essentielle. Mais comme chaque être de la nature se trouve incliné par sa forme spécifique à des opérations propres et doit parcourir de ce chef les étapes d'une évolution également spécifique, il faut qu'il y ait entre les espèces du monde minéral des affinités variées. Tel corps aura donc tel cercle d'éléments sympathiques avec lesquels il tend à former des synthèses naturelles. Tel autre dirigera dans un autre sens ses énergies natives.

1) S. Thomas, *Physic.*, Lib. II, lect. 14.
2) Id., *Quaest. disp.*, q. 22, a. 1.

Bref, l'affinité avec ses manifestations si diverses devient l'expression scientifique de la finalité immanente. Elle s'appuie sur la nature même des êtres et lui emprunte sa stabilité et ses traits distinctifs. Telle est la raison philosophique de ce fait.

Cependant, pour saisir les étonnantes harmonies de la physique aristotélicienne et de l'affinité chimique, il est utile de pénétrer plus avant dans l'étude de cette propriété, et de se demander pourquoi les corps doués d'affinité mutuelle ne se combinent pas avec la même facilité.

Quelques-uns en effet ne peuvent se rencontrer sans donner lieu à des réactions intenses, tels par exemple le chlore et le potassium. D'autres veulent bien se combiner, pourvu qu'on stimule au préalable leurs énergies latentes par la chaleur ou l'électricité : le fer et le soufre se trouvent dans ce cas. Il en est enfin dont l'union précaire s'obtient seulement par artifice.

En somme, on retrouve dans cette diversité d'allures une saisissante application de la doctrine scolastique sur les puissances des êtres, et en même temps une expression nouvelle du caractère électif de l'affinité.

L'activité chimique d'un corps est toujours subordonnée à une double condition. Il faut d'abord que l'agent et le patient aient entre eux une certaine sympathie naturelle, une tendance réciproque à l'union. Mais cette condition ne suffit pas. L'échange d'activité serait encore impossible, si les puissances opératives de l'agent et les puissances passives du sujet destiné à recevoir leur action ne réunissaient point toutes les dispositions requises pour ce commerce intime. Dans les combinaisons chimiques, les substances réagissantes sont simultanément, l'une à l'égard de l'autre, actives et passives ; aucune ne reçoit sans donner à son tour.

Or, les obstacles qui empêchent ou ralentissent cette interaction sont nombreux ; ici la prédominance des forces répulsives rend le contact difficile ; là l'état d'agglomération des corps retient captives les molécules hétérogènes et s'oppose

ainsi à leur union [1]), souvent la vitesse de réaction se trouve ralentie par les résistances de frottement, par un abaissement de température, etc. [2]).

Mais le nombre et la grandeur de ces obstacles seront-ils les mêmes pour tous les corps ?

Assurément non, et l'on comprend qu'ils doivent varier avec les natures en présence, le degré d'adaptation mutuelle des substances réagissantes, le rôle même que les composés sont appelés à remplir dans l'univers. D'après leur degré d'aptitude, les unes requièrent simplement le contact. D'autres exigent l'emploi d'une cause excitatrice. Certaines même ne réaliseront les conditions voulues que sous l'influence des agents les plus énergiques ; de sorte qu'ici encore les circonstances particulières de l'activité sont fonction de l'affinité et en marquent les divers degrés.

249. 3° L'affinité considérée comme force ou énergie chimique. — A parler rigoureusement, l'affinité chimique ne représente point une force spéciale, distincte des énergies physiques. Elle est avant tout une inclination de nature.

Mais lorsque les corps agissent chimiquement, c'est-à-dire en vue de réaliser des composés nouveaux, c'est sous l'incitation de cette tendance foncière que les forces mises en jeu se déploient ; d'ordinaire même, la grandeur de l'action se mesure à l'intensité de la tendance mutuelle des masses réagissantes. De là, la coutume de placer l'affinité chimique

[1]) Aristote lui-même signale cet obstacle aux combinaisons chimiques : « Parva autem dum parvis admoventur, propensius misceri solent ; quippe quum ea facilius celeriusque in se transmeent. At multum tardius hoc idem efficit, patiturque a multo. » Cfr. ARISTOTELES, *De generat. et corrupt.*, Lib. I, c. 10.

[2]) Il est à noter cependant que la vitesse de réaction ne constitue pas une mesure de l'affinité, puisqu'elle dépend des résistances éventuelles de frottement qui retardent la marche de la réaction. Cfr. NERNST, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 290. Paris, Hermann, 1912.

parmi les énergies corporelles. En fait, *du point de vue philosophique,* elle n'en est que la scurce originelle et le principe régulateur de leur activité.

Pour déterminer les affinités relatives, envisagées sous leur aspect énergétique, les chimistes ont eu recours, jusqu'à la fin du siècle dernier, aux phénomènes thermiques qui accompagnent les combinaisons. Plus les corps dégagent de chaleur en se combinant, plus grande est l'affinité dont ils jouissent. Entre autres avantages, cette étude a permis de classer les corps simples d'après leurs énergies respectives et d'attribuer à chacun d'eux une puissance d'action vraiment spécifique.

Actuellement, les chimistes emploient, pour évaluer l'affinité, une mesure plus exacte et absolument générale : le travail extérieur maximum que peut produire un processus chimique déterminé. Quoi qu'il en soit de ces mesures, elles nous donnent une vérification expérimentale de ce fait qui domine toute la physique aristotélicienne : chaque être a sa nature distinctive et un ensemble de propriétés qui en sont le rayonnement visible. La chaleur et la puissance de produire du travail restent donc, elles aussi, dans l'ordre de ces manifestations multiples auxquelles se reconnaît l'espèce chimique.

250. **Objection.** — L'interprétation scolastique de l'affinité repose entièrement sur l'hypothèse des natures spécifiques. C'est à la constitution même du corps, ou mieux à la forme essentielle, que se rattache la cause originelle des tendances électives, des circonstances spéciales des combinaisons, de l'intensité d'action qui s'y déploie.

Or, en assignant pareil fondement à ce phénomène, ne semble-t-il pas qu'on le soustraie du même coup aux nombreuses modifications dont il est en fait susceptible? La chaleur, on le sait, la lumière et l'électricité peuvent accroître ou diminuer l'action chimique, stimuler ou troubler l'exercice de l'affinité; la pression et l'action des masses peuvent même,

comme la chaleur d'ailleurs, renverser le sens d'une réaction chimique. La théorie thomiste, au contraire, ne dote-t-elle pas cette propriété d'une constance absolue?

251. Réponse. — Quand il s'agit de déterminer le mode d'exercice des forces naturelles, il importe de se rappeler que toutes les énergies de la matière sont relatives, c'est-à-dire dépendantes, dans une certaine mesure, du milieu où elles s'exercent. L'affinité chimique ne fait point exception à cette règle. Mais les variations dont cette force est susceptible sont limitées et soumises elles-mêmes à des normes bien déterminées.

Très souvent, tel est le cas pour un grand nombre de composés exothermiques, le rôle des agents physiques consiste à réaliser les conditions requises pour la combinaison, sans porter aucun préjudice à la constance de l'affinité.

Parfois, l'intensité de son action paraît subir certaines fluctuations, mais un examen attentif nous montre qu'elles sont plus apparentes que réelles : il arrive, en effet, qu'à côté de l'action chimique, se produisent certains phénomènes physiques qui accroissent ou diminuent les effets de l'affinité.

La quantité de chaleur, par exemple, dégagée par une combinaison, peut aussi varier avec la température. Si cette variation est peu sensible lorsque des substances solides s'unissent en un nouveau complexe solide, elle est, au contraire, souvent importante dans tous les cas où des liquides et des gaz entrent en réaction [1]). Mais ici encore la cause de la variation est d'origine physique; elle tient à la différence plus ou moins considérable qui existe entre la chaleur spécifique des substances réagissantes et celle du corps nouveau issu de la réaction.

Les composés endothermiques se comportent, il est vrai, d'une tout autre manière. La quantité de chaleur absorbée

[1]) NERNST, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 292. Paris, Hermann, 1911.

par les constituants pour donner naissance au composé, est d'autant moindre que la température est plus élevée ; au delà d'un certain point, caractéristique pour chaque espèce chimique, le composé devient même exothermique[1]). Pour cette catégorie de corps, l'action des agents physiques est donc plus directe et plus décisive. Dans tous ces cas cependant, l'affinité conserve son caractère et ses prérogatives : c'est encore elle qui fixe d'avance les limites et les modalités des variations que lui fait subir le milieu.

La même règle s'applique à l'influence des masses et de la pression. En nous traçant les règles auxquelles ces influences sont soumises, la thermodynamique n'a ni créé, ni supprimé, ni même changé les affinités des corps ; elle a simplement formulé, sous une forme plus précise et en même temps plus générale, son mode d'exercice naturel.

§ 3

L'atomicité ou la valence

252. L'atomicité dépend de la nature des corps. — L'atomicité n'est pas plus que le poids atomique et l'affinité, livrée aux caprices du hasard ou des circonstances variées dans lesquelles s'exerce l'activité de la matière. Plusieurs chimistes de valeur, dont l'opinion toutefois n'a point prévalu, lui ont même attribué une constance absolue.

Aujourd'hui tous les auteurs admettent qu'elle est susceptible de certaines variations, dans des limites déterminées et parfois même très restreintes.

Toute théorie qui prétend expliquer le fait de l'atomicité ou de la valence des corps, a donc une double tâche à remplir : elle doit d'abord justifier la constance de cette propriété, et

[1]) Ramsay, *La chimie moderne*, t. I, p. 146. Paris, Gauthier-Villars, 1909.

de plus, rendre compte de ses variations, de manière que les exceptions n'entraînent pas la ruine de la loi reconnue.

Examinons si les principes de la cosmologie scolastique satisfont à cette double condition.

Le composé chimique, avons-nous dit, est le but primordial vers lequel convergent les corps simples, chaque fois que, dociles aux sollicitations de leurs affinités mutuelles, ils déploient les plus puissantes énergies de leur être. Lui seul, dit Aristote, fixe le terme de leur tendance native.

C'est aussi, à raison de ce rôle, que le composé forme un type nettement défini, d'une physionomie invariable, toujours et avant tout dépendante de la nature des générateurs. Qu'arriverait-il, en effet, si *toutes* les circonstances infiniment changeantes de la combinaison pouvaient exercer une influence réelle sur la constitution du composé ? Au lieu d'être une fin naturelle pour les corps qui l'engendrent, il serait un produit du hasard aussi variable que le milieu où il prend naissance — hypothèse condamnée d'avance par les faits.

Or, la nature d'un composé ne dépend pas seulement du caractère des composants, mais aussi, et pour une large part, du nombre d'atomes qui les représentent. Citons, entre mille exemples, la combinaison du chlore et du mercure. Ces éléments constituent par leur union deux composés très distincts, l'un le chlorure mercurique $HgCl_2$, l'autre le chlorure mercureux Hg_2Cl_2. Cependant, la diversité spécifique de ces deux chlorures tient à une simple différence dans le nombre d'atomes de mercure.

Mais ce nombre d'atomes d'où dépend-il ? De l'atomicité, puisqu'il en est la mesure.

L'atomicité relève donc, elle aussi, de la nature des générateurs [1]). Elle jouit avec le composé chimique d'une même

[1]) Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 323. « L'intensité de cette action, dit-il, dépend dans une large mesure de la nature des atomes entre lesquels elle s'exerce, aussi du nombre et de la nature des autres atomes qui se trouvent dans l'édifice moléculaire. »

constance, vu qu'elle en est une des causes déterminantes, et doit avec lui se rattacher à une même source originelle.

253. Variations de l'atomicité. — Il ne faudrait pas s'imaginer cependant, qu'appuyée sur un tel fondement, cette propriété soit exempte de toute variation.

Si la complexité atomique des composés, expression réelle de l'atomicité relative, a pour cause éloignée la nature des composants, elle a aussi pour cause prochaine les attractions et les répulsions exercées par les agents immédiats de la combinaison. Car, ne l'oublions pas, les phénomènes chimiques sont des actions de contact, et le contact entre tel nombre déterminé d'atomes plutôt qu'entre tel autre, suppose l'intervention de forces appropriées.

Sans doute, les forces qui président au rapprochement des atomes et préparent de la sorte leur fusion définitive en un corps nouveau, émanent comme les autres du fonds substantiel de l'être. Elles demeurent sous sa dépendance, suivent ses directions, règlent leur mode d'activité d'après ses exigences naturelles [1]).

Mais, comme il a été dit plus haut, il importe de ne jamais perdre de vue, que toutes les forces de la nature, sans exception, sont destinées à s'exercer au sein des vicissitudes infiniment variées de la matière, et qu'une absolue indépendance à l'égard de ces milieux ne serait ni intelligible, ni compatible avec les caractères de l'ordre cosmique. Aussi, dans certains cas, la force antagoniste par excellence, la chaleur, diminue l'atomicité en exaltant les forces répulsives. Parfois elle assure la prédominance des attractions sur les répulsions et favorise

[1]) « Chaque atome a évidemment, en dehors des actions spécifiques qu'il peut exercer sur des groupements voisins, une propriété particulière, la valence, qui est douée de la qualité du nombre et de celle d'orientation. D'où vient cette propriété mystérieuse de la matière ? Nous ne le savons pas, nous ne la connaissons pas dans sa nature. » FREUNDLER, *La stéréochimie*, p. 65. Paris, G. Carré et Naud, 1901.

le contact. Parfois encore l'excès de l'une des masses réagissantes suffit à modifier la complexité atomique de la combinaison.

Quoi qu'il en soit, le cercle restreint de ces variations et les circonstances déterminées où elles se produisent, montrent une fois de plus combien il est indispensable de rattacher la constance relative de l'atomicité aux principes fonciers des agents chimiques.

Actuellement, on cherche à rendre compte de l'atomicité en faisant appel à la théorie électronique.

Quel sera le résultat de ces tentatives ? Nous l'ignorons ; mais ce qui nous paraît certain, c'est que l'échange ou l'union d'électrons, en laquelle on fait consister l'exercice de l'atomicité, revêtira toujours le caractère de *constance relative*.

Du point de vue cosmologique, le problème restera donc ce qu'il est aujourd'hui [1]).

254. Application de l'hypothèse scolastique aux combinaisons des corps saturés [2]). — Le mécanisme, on s'en souvient, se heurte, dans l'interprétation de cette sorte de composés, à d'insurmontables difficultés.

Le cas typique qu'il avait lui-même choisi comme exemple est la formation du carbonate calcique $CaCO_3$ à l'aide de deux molécules respectivement saturées CO_2 et CaO. Aucun de ces corps, semble-t-il, ne tend à une union nouvelle, puisque leurs atomes constitutifs ont dépensé, en s'unissant, toutes leurs atomicités disponibles. Comment donc les river l'un à l'autre ? On eut recours à une hypothèse subsidiaire, celle de « l'échange d'atomicités ».

[1]) Cfr. D. Nys, *Cosmologie*, tome Ier, § 4. *L'atomicité ou la valence.*

[2]) La combinaison des corps saturés n'est pas un fait exceptionnel. L'ammoniaque nous en donne, à elle seule, de très nombreux exemples. Elle s'ajoute directement à tous les acides de la chimie minérale et organique, et forme une classe de composés additionnels aussi importants que variés.

Ces complexes, formés par l'union de composés saturés, sont appelés *combinaisons moléculaires*.

D'après cette conception mécanique, les atomes immuables des générateurs n'acquièrent point, pour la circonstance, de capacité nouvelle ; ils se contentent de diviser leurs mouvements, d'en faire une juste répartition sur les voisins qu'ils ont mission d'enchaîner, limitant le partage aux strictes nécessités de l'union.

Nous avons vu l'illogisme, l'arbitraire, ou mieux l'impossibilité physique de cette hypothèse.

Combien simple, au contraire, et plus scientifique est la théorie qui accorde à chaque espèce chimique une nature réellement spécifique !

Avec elle, regardez les deux molécules d'oxyde de calcium CaO et de gaz carbonique CO_2 comme deux êtres nouveaux, doués chacun d'unité essentielle. Aussitôt toute difficulté s'évanouit, et le cas présent rentre sous la loi générale qui régit la combinaison des corps hétérogènes.

CO_2 est un être proprement dit, dans lequel un seul principe spécifique a ramené à l'unité les bases matérielles du carbone et de l'oxygène. Issu de ces éléments à la suite d'altérations profondes, il en contient les virtualités tempérées ; mais, comme tout être, il a sa nature propre, son inclination foncière ou son affinité, des propriétés chimiques et physiques, prêtes à s'exercer dans les conditions voulues.

Cette molécule est saturée, si l'on veut désigner par là que le carbone se trouve associé à la quantité maximale d'oxygène dont il est susceptible. Mais l'état de saturation réciproque de ces atomes n'enlève point au *composé comme tel* l'aptitude à se combiner avec d'*autres espèces*. Il y a ici deux points de vue essentiellement distincts, parfaitement compatibles entre eux, à condition de sacrifier la persistance actuelle des atomes dans le composé au profit de la thèse de l'unité. La molécule devient alors une espèce déterminée qu'il serait illogique de priver, soit d'affinité, soit d'une certaine capacité de combinaison.

Tout ce que nous avons dit de cette première molécule CO_2, s'applique au même titre à la seconde CaO.

Mettons donc ces deux corps en présence l'un de l'autre. Poussés par leurs affinités mutuelles, ils réagiront comme le feraient deux corps simples, et donneront naissance, en perdant leur individualité respective, à un substitut unique, le carbonate de calcium [1]).

Absence de toute hypothèse subsidiaire, application de la loi commune dans toute sa simplicité primitive, telle est la caractéristique de ce fait.

§ 4

La combinaison

255. Distinction essentielle entre la combinaison et les actions physiques. — Les physiciens et les chimistes s'accordent à établir entre leurs sciences respectives

[1]) On touche ici du doigt le vice radical du mécanisme dans l'explication de ces phénomènes. Après avoir rejeté l'unité du composé, ce système se vit en effet dans la nécessité de reporter sur les atomes individuels les propriétés qui semblaient cependant appartenir au résultat de leur union. Dès lors, l'ajoute de nouveaux corps à des atomes déjà saturés devenait impossible, à moins de greffer sur la théorie ancienne l'hypothèse nouvelle de l'échange d'atomicités.

Il est intéressant de constater « qu'en ces derniers temps on a fait beaucoup de tentatives pour soumettre les combinaisons moléculaires à un schéma de valences, en admettant... qu'entre les molécules s'exercent des forces analogues à celles qu'on a supposées pour expliquer la saturation réciproque des atomes ». Cfr. Nernst, *Traité de chimie générale*, t. I, p. 328. Paris, Hermann, 1911.

Cet auteur distingue différentes espèces de combinaisons, et il ajoute : « Si les molécules d'une combinaison peuvent exister à l'état de gaz ou de dissolution, et en général, à l'état amorphe, nous sommes bien obligés d'admettre une action des valences pour maintenir l'assemblage, sans quoi le mouvement thermique des molécules amènerait la séparation des composants. »

une distinction profonde [1]). Cependant toutes les différences jusqu'ici présentées à l'effet de délimiter ces deux domaines, ne visent-elles pas des traits accidentels qui laissent soupçonner une cause plus intime de différenciation ?

S'inspirant des faits eux-mêmes, Aristote et son école ont mis en relief cette cause cachée. Le mixte inorganique, dit le philosophe, est la fusion de tous les générateurs en un être unique, en une espèce nouvelle dans laquelle les éléments ne possèdent plus qu'une existence virtuelle. A la différence du mélange et des phénomènes physiques qui ne dépassent point la sphère des modifications accidentelles, la combinaison atteint la substance même des êtres et la transforme en une unité supérieure.

La chimie peut ainsi se définir : l'étude des transformations

1) Cfr. NERNST, *Traité de chimie générale*, 1re partie, pp. 35-38. Paris, Hermann, 1911. — RAMSAY, *La chimie moderne*, 2me partie, p. 1. Paris, Gauthier-Villars, 1911. — Cfr. JOB, *Chimie (De la méthode dans les sciences)*, pp. 184-191. Paris, Alcan, 1910. « Les espèces, dit Job, ne sont pas persistantes, elles peuvent apparaître ou disparaître. Et tel est le caractère de la transformation chimique ; c'est un changement discontinu qui détruit complètement certains êtres et qui en fait naître de nouveaux. Voilà un fait de première importance : nous pouvons créer des espèces », p. 165. — OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, S. 287. Leipzig, Veit, 1902. « On dit, d'ordinaire, que les éléments persistent dans les composés. Cette expression doit être prise, non point dans son sens obvie, mais dans un sens plus restreint. En général, les combinaisons chimiques s'accompagnent de changements complets des propriétés. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer, d'une part, le sodium et le chlore, et d'autre part, le sel de cuisine qui en résulte. Et comme chaque élément est déterminé par la somme de ses propriétés, il ne peut être question, si l'on se place au point de vue des propriétés, de la persistance des éléments dans le composé chimique. Bien plus, cette persistance consiste exclusivement dans la possibilité pour l'élément de pouvoir réapparaître, au sortir de ses combinaisons, en quantité inchangée. »

Si, au point de vue purement thermodynamique, les phénomènes chimiques et physiques nous offrent certaines analogies frappantes, il reste vrai, qu'à tous les autres points de vue, ces deux sciences conservent leurs caractères distinctifs. « Le discontinu retrouve alors son rôle, écrit encore Job, et la chimie qui semblait se fondre dans la physique reprend son véritable caractère. » Cfr. *op. cit.*, p. 191. — Cfr. D. NYS, *Cosmologie*, t. I, pp. 129-131.

essentielles de la matière considérées au point de vue de leurs manifestations sensibles.

Caractériser de la sorte l'acte de la combinaison, c'était, on le devine, justifier à l'avance toutes les distinctions établies par la science moderne entre la chimie et la physique.

1° Les phénomènes chimiques, dit-on, sont spécifiques ; ils revêtent dans chaque corps une physionomie spéciale. Au contraire, les phénomènes physiques sont généraux ou ne varient guère malgré la diversité des substances qui en sont le siège. Peut-il en être autrement, si les premiers entraînent un changement de nature, tandis que les seconds n'effleurent que l'écorce de l'être ?

2° En chimie, ajoute-t-on, les changements sont permanents. En physique, ils sont d'ordinaire transitoires.

L'oxyde de mercure, HgO, ne possède aucune aptitude à revenir à son état initial, c'est-à-dire à rendre de lui-même la liberté à ses constitutifs, même quand la cause occasionnelle de la combinaison a disparu. Par contre, l'eau volatilisée reprend spontanément son état liquide dès qu'on la soustrait à l'action de la chaleur.

N'est-ce pas encore une des conséquences prévues de la distinction mentionnée ?

Comme toute espèce chimique, l'oxyde de mercure a une tendance à la stabilité ; il ne peut perdre sa nature et ses propriétés inhérentes, à moins que des causes dissolvantes, supérieures aux énergies qui ont concouru à sa formation, ne viennent le détruire.

Mais dans tous les changements où l'être conserve son entité substantielle et ses exigences naturelles, — tel est le cas de l'eau gazeuse — le corps doit, d'évidence, réintégrer son état normal ou abandonner ses propriétés d'emprunt aussitôt que la cause qui les lui communique cesse de l'influencer.

3° Enfin, continuent les chimistes, les altérations produites par la combinaison sont plus profondes que les altérations physiques.

De nouveau, étendez les premières à la substance des êtres, et la distinction d'ordre s'impose. Maintenez, au contraire, avec les mécanistes, sous les deux espèces de changements l'immutabilité substantielle du corps, et l'opposition se réduit à une simple différence quantitative.

256. Diversité des combinaisons chimiques. — Que les composés soient la fin naturelle de leurs générateurs, il est aisé maintenant de le comprendre. Leur nature dépend de trois causes principales : 1° du caractère spécifique des composants ; 2° du nombre d'atomes que ceux-ci y apportent ; 3° de la manière dont les propriétés atomiques se groupent dans le composé.

Or, l'influence de ces facteurs n'est point réglée par les circonstances variables de la combinaison, mais avant tout par la nature des éléments. Sans doute, la pression, la température, les masses en présence y exercent un certain rôle, mais l'affinité ou la finalité immanente reste toujours le principe directeur des activités, de même que l'atomicité, qui a ses racines dans les secrets replis de l'être, détermine la part quantitative d'intervention des substances réagissantes.

Veut-on pousser plus loin ce travail d'investigation et se demander pourquoi les moindres changements apportés aux générateurs ont toujours leur répercussion dans l'essence même du composé ? On saisira alors sur le vif cette loi cosmique fondamentale si souvent invoquée par les scolastiques, loi d'après laquelle tout principe spécifique nouveau correspond adéquatement à la résultante des forces qui nécessitent son apparition.

Destiné à fixer le composé dans ses notes essentielles, ce principe apparaît au moment où les propriétés des substances réagissantes, nivelées et réduites à une commune mesure, le

réclament. Entre lui et les altérations antérieures à sa genèse, il y a donc toujours une corrélation parfaite.

Or, que faut-il pour modifier cette résultante ? Sans doute, il suffit que l'un des composants se trouve remplacé par un autre. Mais pareille substitution n'est même pas nécessaire. La qualité des agents restant la même, qu'un simple changement intervienne dans le nombre des atomes, et la résultante variera fatalement, car un atome représente une quantité d'énergie à laquelle elle ne peut être insensible [1]).

On le voit, à raison de leur indissoluble union, le terme des altérations et la forme essentielle du mixte inorganique sont soumis aux influences des mêmes causes.

§ 5

Les phénomènes thermiques qui accompagnent les combinaisons

L'étude de ces phénomènes soulève deux questions : 1° Quelle est la cause originelle de cette chaleur ? — 2° D'où viennent sa constance relative et son intensité ?

257. 1° **Origine de la chaleur chimique.** — D'ordinaire, il y a lieu de reconnaître dans le phénomène thermique global, produit par une combinaison, deux parties bien distinctes dont l'une se rattache à des causes physiques telles que changements d'état, pression extérieure, température de la réaction, et l'autre à une cause chimique, l'union des composants. « Il existe à peine un ou deux cas, dit Berthelot, où l'on puisse mesurer directement la chaleur dégagée par les

[1]) Cette loi fondamentale nous fournit aussi la raison de la diversité spécifique des corps isomères. Nous avons montré plus haut avec quelle facilité la théorie thomiste peut rendre compte de cette sorte de corps. Cfr. pp. 370 et suiv.

seuls travaux chimiques » [1]). La combustion du chlore dans l'hydrogène étant de ce nombre, choisissons-la pour exemple.

Ces deux corps gazeux, quoique doués d'une grande affinité mutuelle, ne se combinent que très lentement à température ordinaire. Placés dans un même bocal à l'abri de la lumière, ils peuvent rester mélangés pendant des années sans qu'on puisse y constater un changement notable. Néanmoins, une chaleur suffisante parvient facilement à triompher de cette apparente antipathie.

Chauffons-les donc modérément et voyons ce qui se passe.

A mesure que l'apport de calorique fourni par la source extérieure augmente, la température du mélange s'élève, mais cet accroissement de température ne dépasse guère le calorique communiqué aussi longtemps que l'apport de chaleur est peu considérable. Provoquons maintenant, à l'aide d'une étincelle électrique, un échauffement local d'une certaine grandeur. Qu'arrive-t-il ?

En un instant les 35,5 grammes de chlore et le gramme d'hydrogène s'unissent et déversent dans le milieu ambiant une énorme quantité de chaleur, savoir, 22 calories [2]).

Il est clair que ce nouveau phénomène thermique a une physionomie propre, qu'il diffère essentiellement du phénomène précédent. Sur quoi se fonde leur distinction ?

Le premier est surtout d'origine physique ; il relève d'une cause extrinsèque aux substances réagissantes. Le second est d'origine chimique ; il est visiblement commandé par l'affinité.

Avant que les conditions de réaction soient totalement réalisées pour toute la masse gazeuse, les puissantes énergies

[1]) BERTHELOT, *Essai de mécanique chimique*. T. I : *Calorimétrie*, p. 4. Paris, Dunod, 1878.

[2]) Le dégagement de chaleur produit par l'étincelle en un point déterminé est assez grand pour élever la température d'un certain nombre de molécules ; celles-ci, se trouvant dans les conditions requises d'action, réagissent vivement et dégagent une quantité considérable de chaleur qui provoque la combinaison d'autres molécules. C'est ainsi qu'une fois amorcée, l'action se propage très rapidement et peut même devenir presque instantanée.

du chlore et de l'hydrogène se montrent à peu près indifférentes aux sollicitations du dehors. Sans doute quelques molécules privilégiées se combinent, mais la quantité de chaleur qui en résulte est trop petite pour augmenter sensiblement le calorique communiqué. L'état thermique du mélange est donc déterminé surtout par une cause physique *externe*.

Au contraire, ces préparatifs achevés, les corps, comme le dit saint Thomas, se portent spontanément l'un vers l'autre en vertu de leur finalité immanente, « ita ut quodammodo vadant et non solum ducantur in fines debitos », et c'est uniquement sous l'influence d'excitations *internes*, ou plutôt de l'affinité, que leurs forces prennent leur libre essor.

Il y a donc entre ces deux sortes de dégagements de chaleur une ligne de démarcation bien tranchée, à condition toutefois d'entendre l'affinité au sens scolastique de ce mot.

258. 3° Cause de la constance relative et de l'intensité de ces phénomènes. — Les plus chauds défenseurs du mécanisme n'ont jamais contesté la virulence particulière des activités chimiques.

« L'énergie qui est mise en jeu dans les activités chimiques, écrit Jouffret, se chiffre par des nombres de kilogrammètres beaucoup plus élevés que celle fournie par la pesanteur et les agents physiques » [1]). Tel est aussi notamment l'avis du P. Secchi [2]), et des chimistes modernes [3]).

Bien que cette différence soit d'ordinaire très considérable, la théorie finaliste n'a pas à s'en émouvoir. Elle en avait indiqué la cause en plaçant les phénomènes thermochimiques et la capacité de travail sous la dépendance de l'affinité.

Dans la combinaison, l'être tout entier se livre, ouvrant

[1]) Jouffret, *Introduction à la théorie de l'énergie*, p. 52. Paris, Gauthier-Villars, 1883.

[2]) Secchi, *Unité des forces physiques*, p. 562. Paris, Savy, 1869.

[3]) Nernst, *Traité de chimie générale*, tome I, p. 35. Paris, Hermann, 1911.

toutes larges ses réserves d'énergie ; il donne tout ce qu'il peut dans les circonstances particulières où il se trouve.

Dans les actions physiques, au contraire, il ne suit plus les élans de sa nature, mais il cède parcimonieusement aux agents extrinsèques le tribut qu'ils réclament.

Ainsi en est-il de la constance relative de ces phénomènes [1]).

Si l'énergie chimique trouve principalement, dans la nature même de l'être, la norme de son activité spontanée, les causes adjuvantes de son action ne peuvent jamais modifier, que dans des limites restreintes, le phénomène thermique d'origine chimique. Que la formation d'une molécule-gramme d'acide chlorhydrique soit provoquée par la chaleur, l'électricité ou la lumière, le calorique chimique ne sera-t-il pas, comme l'affinité qui en est le principe régulateur, une donnée constante et caractéristique de cette combinaison ? [2])

§ 6

La décomposition chimique

259. **En quoi consiste-t-elle ?** — Loin de réduire la décomposition chimique, comme on le fait communément de nos jours, à une simple séparation d'éléments juxtaposés ou enchaînés par des forces attractives, la physique aristotélicienne y voit avant tout la réintégration des éléments dans leur état substantiel propre.

[1]) Il est clair que la constance du phénomène thermochimique présuppose la constance des conditions physiques des substances réagissantes et du produit de la réaction.

[2]) On peut appliquer à l'électricité les considérations que nous venons d'émettre sur les phénomènes thermochimiques. « Le degré ou l'intensité de l'excitation électrique, produite au contact de deux substances chimiquement différentes, paraît être directement liée à leur affinité réciproque et croître avec elle. » LOTHAR MEYER, *Les théories modernes de la chimie*, t. II, § 273. Paris, Carré, 1889.

La combinaison les avait dépouillés de leur forme essentielle pour les imprégner d'une forme commune. La décomposition les revêt de leurs formes respectives et brise du même coup l'unité de l'être.

A parler rigoureusement, la réviviscence des composants constitue l'acte essentiel de la décomposition. La séparation en est plutôt une conséquence naturelle. « Ad id autem quod dicitur ipsa elementa esse separabilia... dico etiam quod separabilia sunt eo quod ex mixto possunt elementa generari rursus »[1]).

260. Caractère particulier de la décomposition. — Lorsque les corps simples, virtuellement existants dans le mixte inorganique, reconquièrent leur être spécifique, ils reprennent en même temps toute la quantité de chaleur et d'énergie qu'ils avaient dégagée en se combinant. Phénomène vulgaire, sans doute, mais d'une grande importance ! Qu'adviendrait-il en effet du principe de la conservation de l'énergie, si la mise en liberté de la chaleur provenant des combinaisons n'était compensée par une reprise équivalente au profit des décompositions ?

Et puis, à ce compte, les éléments ne seraient-ils pas bien vite frappés d'inertie complète, puisque chaque union nouvelle marquerait pour eux une perte irréparable de force ?

Heureusement la nature a pourvu à cette condition de vie et d'équilibre. Les deux phénomènes d'ordre inverse sont toujours de même intensité, en sorte que l'hydrogène et le chlore, par exemple, au sortir de l'acide chlorhydrique HCl, enlèvent exactement au milieu ambiant les 22 calories qu'ils lui avaient cédées.

Il en est de ce fait comme de tant d'autres que leur fréquence a rendus familiers. On les trouve naturels, nécessaires même à l'ordre cosmique, et l'on songe à peine à en rechercher la cause explicative.

[1]) TOLETUS, *De generatione et corruptione.*

Cependant, celui qui nous occupe enveloppe une certaine obscurité, car à bon droit l'on se demande comment des corps affaiblis, déprimés par la combinaison, et privés parfois d'une partie très considérable de leurs énergies natives, opposent à leur séparation une résistance si puissante qu'il faille, pour les désagréger, mettre en œuvre toute la somme de forces dont ils furent dépouillés. La stabilité, semble-t-il, devrait être en raison inverse des pertes subies.

Pour nous donner la clef de cet apparent mystère, la théorie thomiste n'a point à recourir à des hypothèses nouvelles. Il lui suffit de faire appel à ses principes généraux sur le processus génétique des formes essentielles.

Une forme, disent les scolastiques, ne peut naître que dans une matière disposée à la recevoir. Or, la chaleur dépensée par la combinaison nous avait donné la mesure des altérations exigées par la forme spécifique du composé. En vertu de la même loi, les formes élémentaires disparues ne réapparaîtront qu'à la suite d'une restitution aux diverses parties du composé, de la quantité d'énergie qui caractérise l'état naturel des éléments libres.

En d'autres termes, puisque le même principe d'adaptation de la matière à sa forme spécifique régit la formation des synthèses chimiques et la reviviscence de leurs composants, les phénomènes thermiques correspondant à ces deux phases opposées de l'évolution des êtres doivent être de signe contraire et de même intensité.

Telle est aussi la raison foncière de leur spécificité et de leur constance.

251. Comment se fait le retour des éléments à l'état de liberté ?

1° **Essais infructueux de solution.** — La question de savoir comment une même cause extrinsèque, telle la chaleur communiquée, peut faire surgir d'un composé apparemment homo-

gène plusieurs éléments de nature hétérogène, compte, nous l'avons dit déjà, parmi les problèmes les plus ardus de la philosophie naturelle.

Aussi, nombreuses sont les solutions proposées par les hommes de science et les philosophes.

Parmi les mécanistes, partisans décidés de l'homogénéité de la matière, se rencontre déjà une divergence de vues.

D'après les uns, les atomes conservent dans le mixte leur être individuel et leurs propriétés distinctives. La combinaison est une union d'éléments inchangés mais enchevêtrés. Brisez donc leurs liens et vous leur rendrez la liberté. Quoi de plus simple ?

Ce premier essai est certes radical. Il a malheureusement le tort de contredire à l'expérience et à l'un des principes fondamentaux de la physique moderne. Que les générateurs subissent des changements profonds dans l'ensemble de leurs propriétés, c'est un fait que les sens attestent à l'unanimité, et le principe de la conservation de l'énergie appliqué au dégagement de chaleur, d'électricité ou de force mécanique dont s'accompagnent les combinaisons, confirme éloquemment la véracité de ce témoignage [1]).

Plus soucieux du fait, d'autres aiment à reconnaître que toute action chimique entraîne avec elle un changement plus ou moins profond de propriétés. Seulement, la persistance actuelle des composants suffit, d'après eux, à garantir la possibilité de leur réintégration dans leur état primitif.

Est-ce une solution ? Nullement, car la difficulté est simplement déplacée. Qu'importe, en effet, que l'être essentiel des atomes demeure inaltéré ? Si les masses, comme on le soutient, sont toutes de même nature ou homogènes, n'est-il pas contradictoire de leur attribuer des aptitudes spécifiques à reprendre exactement ce qu'elles ont perdu ? Pourquoi dès lors, en

[1]) Cfr. pp. 336 et suiv.

l'absence de toute exigence différentielle, ces atomes déprimés et amoindris vont-ils se revêtir, sous l'action d'une même chaleur, du groupe irréductible de propriétés dont ils sont doués à l'état d'isolement ? Pas de cause externe de différenciation, car la chaleur communiquée est identique pour tous les composants. Pas de cause interne, puisque l'homogénéité est ici synonyme d'indifférence.

Est-ce compréhensible ?

Enfin, certains philosophes, sympathiques d'ailleurs aux idées principielles du thomisme, et convaincus de la diversité spécifique des corps simples, se refusent à voir dans le composé autre chose qu'un agrégat. Pour eux, le changement des propriétés est réel mais pas assez profond pour opérer la transformation des éléments en un être nouveau. Et c'est justement sur la persistance de ces natures diverses au sein du mixte inorganique qu'ils font reposer la régularité des décompositions chimiques.

Cette hypothèse, incontestablement plus rapprochée de la vérité que les précédentes, a cependant un immense désavantage, celui de compromettre la corrélation qui doit exister entre l'être et ses activités.

Supposer que la nature d'un atome se montre toujours insensible aux milliers de métamorphoses accidentelles qui lui sont imprimées au cours de son évolution, admettre qu'elle peut être dépouillée presque complètement de ses affinités, de ses énergies physiques, de sa couleur et de son état, etc., et cela sans préjudice de ses notes essentielles, revient, à notre avis, à nier cette loi primordiale du système scolastique.

Réduite à de telles proportions, la nature est un mot vide de sens.

2° **Solution thomiste.** — Quand on jette un regard attentif sur les avantages partiels et les défauts de ces théories, on y

trouve cependant un indice des conditions auxquelles doit satisfaire une explication du fait en question.

Ces conditions, semble-t-il, sont au nombre de trois.

D'abord, on ne peut méconnaître la diversité spécifique des générateurs si manifestement exprimée par les affinités électives et le faisceau indissoluble des propriétés. En second lieu, l'unité essentielle du composé, dont les mécanistes eux-mêmes proclament l'apparente homogénéité [1]), est aussi une donnée indispensable. Enfin, il faut que dans ce tout homogène qu'est le composé, il y ait des aptitudes diverses, capables de différencier l'action commune des causes extrinsèques, et d'assurer ainsi aux parties représentatives des éléments la part de forces nécessaires à leur réintégration.

Or, ces trois postulats constituent les idées maitresses de la solution thomiste.

Le mixte inorganique, dit-elle, est un être, mais malgré son unité essentielle déterminée par un seul principe spécifique, il porte en lui les virtualités tempérées de ses générateurs. Chaque composant y est devenu une partie intégrante où il se survit par un ensemble de traits. Une harmonie complète, rendue possible par une réduction modérée de toutes les qualités trop saillantes, concourt donc à la conservation de l'être unique, en laissant persister toutefois dans les départements représentatifs des éléments, des aptitudes et des réceptivités différentielles.

Lorsque la chaleur vient raviver ces énergies latentes, chaque partie du composé en reçoit une quantité spéciale, se rapproche progressivement de l'état élémentaire dont elle

[1]) « L'affinité chimique est la résultante des actions qui tiennent unies deux substances différentes (ou un plus grand nombre) dans une combinaison *homogène*, c'est-à-dire douée de propriétés physiques et chimiques définies, distinctes de celles des composants simplement mélangés, propriétés identiques d'ailleurs pour toutes les parties du composé. » BERTHELOT, *Essai de mécanique chimique*, t. I : *Calorimétrie*, L. I, c. 1, § 1 : Définitions. Paris, Dunod, 1879.

fut dépouillée, jusqu'à ce qu'enfin elle brise l'harmonie du complexus et reprenne son être propre.

De la sorte, l'unité du mixte et la différence qualitative de ses parties intégrantes nous permettent de concilier des exigences en apparence opposées, et deviennent l'une et l'autre le fondement de la possibilité d'une régénération régulière.

262 **Conclusion générale.** — Conçue à la lumière de la doctrine aristotélicienne et thomiste, la philosophie de la chimie se ramène à un petit nombre de principes. En somme, une seule hypothèse, celle des natures spécifiques, fournit la raison dernière de l'ordre admirable qui régit les métamorphoses profondes de la matière.

Source de toutes les propriétés et ressort de toutes les activités de l'être, la nature règle la diversité constante des poids atomiques, préside aux manifestations ordonnées de l'affinité et de l'atomicité, assure aux composés chimiques une constitution définie et invariable.

Dans la sphère des actions chimiques, c'est aussi à la nature des corps qu'il appartient de mettre en branle les énergies calorifiques et électriques, d'en arrêter le déploiement à point nommé, de garantir enfin la régularité des décompositions au sein des circonstances les plus changeantes.

Conformément aux découvertes modernes, la théorie scolastique accorde une large place aux influences du milieu, notamment à la pression, à la température, à l'action des masses réagissantes. Mais si ces influences, d'ailleurs bien déterminées et soumises elles-mêmes à des lois, tempèrent la rigueur des lois chimiques de l'affinité et de la valence, c'est la nature encore qui les maintient dans des limites précises et en règle les effets.

En un mot, la théorie thomiste appuie l'ordre chimique sur la composition substantielle des espèces et, confiante dans la fécondité de ce principe fondamental, elle rend compte des

faits, sans recourir à aucune de ces hypothèses dont le nombre toujours croissant nous a si souvent révélé l'insuffisance de la conception mécanique de la matière [1]).

[1]) Remarquons encore que la cosmologie n'a nullement pour but de nous donner la cause explicative prochaine, immédiate des faits chimiques ; cette mission appartient aux sciences naturelles. La cosmologie ne recherche que les causes les plus profondes et, partant, les plus générales.

ARTICLE II

Faits de l'ordre physique

263. Aperçu général. — Il serait inutile de reprendre par le détail les propriétés physiques auxquelles le cosmologue a le devoir de s'intéresser ; l'examen critique du mécanisme nous a donné l'occasion d'en faire l'exposé. Bornons-nous à rappeler la conclusion qui se dégage de cette étude :

Au point de vue physique, les espèces corporelles ont chacune une physionomie propre ; elles se distinguent les unes des autres par un groupe de caractères invariables, notamment la forme cristalline, l'état naturel, le poids spécifique, les phénomènes relatifs à la chaleur, au son, à l'électricité et au magnétisme.

Indissolublement unies entre elles, ces propriétés constituent un critérium complexe et infaillible de spécification.

264. Raison explicative de ce fait. — En épurant progressivement les données inexactes ou superficielles de l'ancienne physique, en soumettant à des mesures plus précises les activités des êtres matériels, la science moderne a donné aux vues des scolastiques une confirmation inattendue. Dans ces faisceaux de traits différentiels qu'elle a si patiemment analysés, ne voit-on pas en effet la manifestation naturelle de cette distinction profonde que le thomisme a placée entre les substances mêmes des corps ?

Est-il possible que des natures spécifiquement distinctes n'entraînent point avec elles des groupes de propriétés différentes ? Aussi bien, les phénomènes ne sont-ils pas le seul rayonnement visible de cet être caché qu'est la substance ?

Par cette corrélation établie entre le fond intime des êtres

et leurs caractères accidentels, la physique aristotélicienne avait donc justifié d'avance toutes les distinctions dont se complète à l'heure présente et pourra se compléter à l'avenir le signalement des espèces.

Mais en même temps, elle nous révélait le secret de l'étroite connexion qui semble enchaîner entre eux et soumettre à des destinées communes tous les traits physiques d'un même corps. En fait, ceux-ci ont une communauté d'origine ; ils émanent de la substance, et comme ils répondent à ses besoins et à ses exigences naturelles, ils lui restent invariablement unis.

Loin de nous la prétention d'établir des différences qualitatives entre les modalités d'un même agent physique, d'opposer, par exemple, la force calorifique d'un corps à celle d'un autre corps, comme deux qualités de nature distincte. Mais le fait incontestable est que chaque propriété corporelle revêt, dans les différents corps, une manière d'être spéciale, et se reconnaît aisément à un certain degré d'intensité, à des conditions particulières d'action.

Or, ces différences qui se retrouvent toujours les mêmes chez tous les individus d'une même espèce, ces différences constantes relèvent, croyons-nous, de causes foncières spécifiquement distinctes. En d'autres termes, si l'essence individuelle varie d'une substance à l'autre, l'essence spécifique peut seule garantir l'invariabilité de ces caractères distinctifs.

Parmi les faits énumérés, deux cependant doivent fixer spécialement notre attention : la forme cristalline et le principe de la conservation de l'énergie.

265. **La forme cristalline.** — La forme extérieure ou la figure, écrit saint Thomas, est l'un des traits les plus saillants de l'espèce : « Sicut quantitas propinquissime se habet ad substantiam inter alia accidentia, ita forma quae est qualitas

circa quantitatem, propinquissime se habet ad formam substantiae »[1]).

D'une vérité frappante dans le monde végétal et animal, cet adage ne l'est pas moins dans le monde inorganique depuis les belles découvertes de l'abbé Haüy. La loi qui immortalisa le nom du cristallographe français nous est connue : les corps de nature chimique différente ont aussi des formes cristallines différentes et irréductibles les unes aux autres.

A première vue, la théorie cristalline moderne semble diminuer la signification et l'importance de cette constante corrélation. D'après les idées actuelles, l'embryon cristallin, loin de constituer un individu chimique, se trouve formé de nombreuses molécules intégrantes, en sorte que la forme géométrique serait l'apanage, non d'une individualité proprement dite, mais d'un agrégat. Dès lors, est-il encore scientifique de voir en elle une manifestation de l'espèce ?

En réalité, pour être moins directe, la conclusion conserve toute sa valeur.

La molécule chimique ou l'individu ne peut, il est vrai, revendiquer la forme cristalline comme une de ses propriétés exclusives ; elle en est néanmoins une cause partielle, indispensable. D'évidence, les contours géométriques de l'agglomérat résultent du jeu ordonné des forces attractives et répulsives des particules intégrantes. Or, la régularité et la spécificité des contours, invariables pour une substance donnée, seraient inexplicables si chacune des molécules chimiques n'était un principe régulateur de ces activités mécaniques.

La configuration du petit édifice cristallin a donc sa cause déterminante dans la nature de ses parties constitutives, et sous ce rapport, elle est le prolongement naturel de la forme individuelle[2]).

1) S. Thomas, *Physic.*, Lib. VII, lect. 5.

2) Nous avons exposé, dans le premier volume de cet ouvrage, les nombreuses exceptions à la loi formulée par l'abbé Haüy et montré comment

266. Le principe de la conservation de l'énergie. — Plus heureuse que le mécanisme, l'hypothèse scolastique a le privilège de maintenir dans son intégrité native le principe qui régit les perpétuelles variations de l'énergie.

En dehors et au delà du mouvement, elle reconnaît dans la matière l'existence de forces latentes ou tranquilles dont la mise en œuvre est subordonnée à certaines conditions déterminées. Les affinités chimiques, les forces calorifiques et électriques sont pour elle de vraies énergies potentielles, des pouvoirs d'action, capables de produire des effets mécaniques, mais complètement ou partiellement inactifs en dehors des circonstances favorables à leur expansion naturelle. Le corps lui-même suspendu à distance du sol ou retenu immobile par le support qui s'oppose à sa chute, tient aussi de la pesanteur une réserve d'énergie indépendante de tout mouvement sensible.

Les conditions d'action viennent-elles à se réaliser, toutes ces forces endormies s'éveillent et donnent naissance à des manifestations appropriées, tels, le courant électrique, la chaleur rayonnante, les impulsions mécaniques, le transport de la matière à travers l'espace, la chute des corps, etc. Le virtuel devient actuel ; l'énergie prend une autre forme sans changer de valeur, car l'apparition des phénomènes nouveaux compense l'effacement progressif de leurs causes. Le principe de l'égalité entre l'action et la réaction, ou plutôt, la loi de l'équivalence des forces garantit une substitution de forces toujours égale et empêche de la sorte l'énergie globale de s'accroître ou de déchoir [1]).

la science moderne, en élargissant l'hypothèse de l'embryon cristallin, est parvenue à soumettre ces exceptions apparentes au régime de la loi. Cfr. Tome I, n° 85.

[1]) Cfr. FREYCINET, *Essais sur la philosophie des sciences*, pp. 238 et suiv. Paris, Gauthier-Villars, 1900.

La distinction des énergies potentielles et actuelles, consacrée par la formule originelle, revêt donc ici un sens précis [1]).

Bien plus, ainsi comprise, la loi de la conservation de l'énergie est indifférente à l'égard des variations admises par la théorie thomiste. Que les modifications pénètrent jusqu'au plus intime de l'être, que des natures se substituent à d'autres natures, la loi reste sauve pourvu que la somme arithmétique des énergies potentielles et actuelles demeure la même avant et après la transformation essentielle des corps.

Or, les données de l'expérience ne laissent subsister aucun doute à ce sujet. Les forces des composants sont-elles amoindries dans le composé nouveau, nous sommes certains de retrouver dans le milieu ambiant la quantité d'énergie disparue. Au contraire, y ont-elles acquis un surcroît d'intensité — tel le cas des composés réellement endothermiques, — c'est aux dépens du milieu ambiant que se fait cet emprunt.

[1]) Bien que l'énergie revête actuellement en science un sens de plus en plus vague, bien que plusieurs auteurs se contentent d'affirmer que dans les transformations de la nature « quelque chose » reste inchangé, le principe de la conservation de l'énergie ne serait cependant pas intelligible sans la loi de l'équivalence des forces.

CHAPITRE IV

PREUVES DE LA THÉORIE SCOLASTIQUE [1])

PREMIER ARGUMENT, TIRÉ DE LA FINALITÉ IMMANENTE

267. Il y a de l'ordre dans le monde inorganique. — L'étude passionnée du monde matériel fut sans aucun doute l'une des caractéristiques du siècle dernier. Jamais la nature ne fut scrutée davantage dans ses replis les plus intimes, à l'aide d'instruments de travail plus perfectionnés. Aussi les cinq sciences naturelles qui se sont donné pour mission d'en révéler les secrets, la chimie, la physique, la cristallographie, la minéralogie et la géologie ont-elles pris des développements inespérés.

Mais à mesure que s'élargissait le champ des connaissances scientifiques, une conclusion générale s'imposait avec une force nouvelle à l'esprit des chercheurs : le monde inorganique est un chef-d'œuvre d'ordre et d'harmonie.

Les multiples lois qui président au jeu des forces physiques, pesanteur, électricité, son, chaleur et lumière ; — la classification des formes cristallines et leur rapport invariable avec la nature chimique des corps, les lois de symétrie et de rationalité des paramètres auxquelles sont soumises les modifications naturelles de la forme fondamentale ; — les principes

[1]) Nous avons examiné plus haut (Cfr. art. VIII, pp. 291 et suiv.), la question de la nature du *composé chimique*. Mais cette discussion, engagée entre philosophes scolastiques, partait d'un postulat : la distinction spécifique des *corps simples*.

Les preuves actuelles ont une portée plus large ; elles tendent à légitimer la conception thomiste de l'univers ; elles s'étendent donc à toutes les espèces simples ou composées du monde inorganique.

de Lavoisier et de Rankine sur la constance de la masse et la conservation de l'énergie ; les belles découvertes de Dalton, Proust, Wenzel et Gay-Lussac sur les rapports de poids et de volume qui régissent les combinaisons, les règles de l'affinité, de l'atomicité, de la thermochimie et de la stéréochimie ; — l'histoire des transformations subies par notre globe depuis son état de nébuleuse jusqu'au moment où se trouve réalisé l'ensemble si complexe des conditions indispensables à l'apparition et au maintien de la vie des plantes, des animaux et de l'homme [1]) ; les relations de la terre avec les cieux, relations d'où dépendent la succession régulière des saisons et la marche des activités organiques et inorganiques de la matière, ne sont-ce pas autant de témoignages éclatants en faveur de l'ordre cosmique [2]) ?

D'ailleurs, n'y eût-il que la récurrence invariable des mêmes espèces chimiques, l'univers matériel l'emporterait encore sur les œuvres les mieux ordonnées du génie humain.

Qui pourrait suivre dans le détail toutes les métamorphoses qu'ont éprouvées, pendant les siècles écoulés, les milliers de corps répandus à la surface de notre terre ou disséminés dans l'atmosphère ?

Le cours de la nature n'est-il pas une série ininterrompue de transformations profondes où les éléments triturés, amoindris, dépouillés de leurs propriétés natives revêtent celles des composés, tandis que d'autres édifices moléculaires voient disparaître leur unité et leurs traits distinctifs par la mise en liberté de leurs constitutifs ?

Or, ni la multitude innombrable des causes dont l'entrecroisement devrait, semble-t-il, rendre capricieuses et désor-

1) Ch. Vélain, *Cours élémentaire de géologie statigraphique*. Paris, Savy, 1887.

2) H. Faye, *Sur l'origine du monde*. Paris, Gauthier-Villars, 1884. — C. Wolf, *Les hypothèses cosmogoniques. Examen des théories scientifiques modernes sur l'origine des mondes*. Paris, Gauthier-Villars, 1886. — Braun, *Kosmogonie*, Münster, Aschendorff, 1895.

données les activités des êtres, ni l'intervention libre de l'homme qui, pour mieux assujettir la nature à ses fins, fait varier à son gré les agents et les circonstances, ni l'infinie variation des milieux n'ont jamais entravé cette récurrence si régulière des mêmes espèces minérales. Toujours les mêmes corps simples réapparaissent avec tout le cortège de propriétés caractéristiques de leur état d'isolement. Toujours les mixtes inorganiques mille fois détruits, mille fois refaits, contiennent les mêmes éléments associés suivant le même nombre d'atomes.

Enfin, notons encore un trait non moins frappant de cette régularité : la convergence constante de toutes les activités au bien des individus et à celui de l'ensemble. Tels sont en effet l'enchaînement et l'orientation des phénomènes, que chaque type spécifique reçoit infailliblement au sein de la mêlée la somme de propriétés dont il a besoin pour remplir fidèlement son rôle, et que les scènes du présent préparent les scènes utiles de l'avenir.

Fait d'autant plus surprenant qu'un simple changement dans les conditions d'affinité d'un être suffirait à bouleverser cette harmonie universelle. Que le carbone, par exemple, au lieu de se combiner à l'oxygène sous l'influence d'une chaleur considérable, vînt s'y unir à température ordinaire, aussitôt un immense incendie ferait disparaître de notre globe la vie végétale et animale ainsi que les moindres traces des composés organiques.

Il y a donc de l'ordre dans l'univers, ordre stable et permanent malgré le renouvellement incessant de son contenu, ordre approprié au bien du tout et de ses parties.

268. Quelle est la raison explicative de cet ordre ? Première conception : mécanisme matérialiste. — Pour les anciens atomistes, Leucippe, Démocrite, Épicure, et, en général, pour les matérialistes modernes, tels d'Holbach, Lange, Haeckel, Büchner, aucun principe de finalité n'oriente les activités naturelles de la matière. Tous les êtres substan-

tiellement homogènes et animés de mouvement local suivent fatalement les voies que leur tracent les impulsions reçues au hasard des rencontres. Sans but et sans plan préconçu, les évolutions de l'univers sont néanmoins ordonnées, parce qu'en vertu des lois mécaniques, la matière placée dans les conditions actuelles ne saurait avoir d'autre mode d'efficience.

« Un des meilleurs arguments en faveur de l'ordre naturel du monde et d'une conception unitaire de l'univers, écrit Büchner, consiste dans la connaissance de ce fait, à savoir : que le mouvement est un attribut nécessaire, indispensable de la matière et de l'existence en général, pour la vie organique aussi bien que pour la vie inorganique... La matière privée de mouvement est une des conceptions les plus vides et les plus absurdes, une fantaisie de malade... Un mouvement éternel sous des formes variées à l'infini, se compliquant ou se simplifiant, mais ne disparaissant jamais sans laisser de traces, voilà en dernière analyse en quoi consiste l'univers.

» La forme actuelle du monde n'est pas sortie de la matière comme Minerve du cerveau de Jupiter : l'état de perfection, dans lequel nous la voyons aujourd'hui, est le résultat d'un long et pénible développement qui a exigé des millions et des millions d'années. Et la façon dont s'est effectué ce développement ne permet pas de douter qu'il se soit réalisé en dehors de toute idée préconçue, de tout arrangement déterminé à l'avance : tout, au contraire, nous décèle l'absence d'un plan quelconque dans l'activité déployée par la nature pour la production des formes. Seulement, comme cette activité avait l'occasion de se déployer également et sans interruption dans tous les sens et dans des circonstances se modifiant d'une façon graduelle, incessante et prolongée tant au dehors qu'intérieurement, il devait forcément en résulter l'apparence d'un ordre ou d'un plan.

» Nous n'avons donc besoin d'aucune mystérieuse « force typique », d'aucune loi d'un caractère spécial, d'aucun plan préconçu, pour nous rendre compte de l'existence de la forme :

il suffit de considérer la nature telle qu'elle est. La forme n'est pas un *principe,* mais un *résultat :* elle n'est pas l'effet d'un plan prémédité, mais le produit des actions et des réactions d'une foule de causes, de contingences ou de forces, aveugles et inconscientes en elles-mêmes, mais qui, en raison de leur activité incessante dans tous les temps et dans tous les lieux, ne peuvent faire autrement que de se manifester comme agissant en apparence d'après un ordre et un arrangement en séries graduelles et parfaites » [1]).

269. Critique de cette opinion. — A l'effet d'éluder la question, très embarrassante pour le matérialisme, de l'origine du mouvement, Büchner, d'accord en cela avec tous les partisans du système, y voit une modalité *essentielle* de la matière. D'après lui, cette connexion nécessaire entre le mouvement et son support naturel suffit à rendre compte de l'ordre cosmique.

D'abord, il y a lieu de se demander quel sens précis l'on attache à ce mot « essentiel ».

Lorsqu'on entend par « matière » l'ensemble des corps constitutifs de l'univers, il est bien permis sans doute de regarder le mouvement comme une de ses propriétés *naturelles,* comme une condition indispensable à ses évolutions rythmiques, car la matière est toujours, en fait, animée de mouvements relatifs ou absolus. Sous ses formes variées, le mouvement affecte tantôt tel corps, tantôt tel autre sans jamais disparaître du monde matériel. De plus, sans cet important facteur, le monde serait bientôt réduit à un état de mort [2]).

[1]) Büchner, *Force et matière ou principes de l'ordre naturel de l'univers,* pp. 81, 92, 94 et 100. Paris, Reinwald, 1884. Nous nous sommes permis de citer *in extenso* le système de Büchner, parce qu'il est un exposé complet de la conception matérialiste de l'univers. Digne disciple d'Epicure, doublé d'ailleurs d'un sectaire, l'auteur allemand a condensé dans son ouvrage tous les sophismes et toutes les affirmations gratuites qui forment le répertoire du matérialisme le plus abject de l'antiquité et des temps modernes.

[2]) Aristoteles, *De generatione et corruptione,* Lib. II, c. X. Edit. Didot, pp. 464-465.

S'agit-il, au contraire, des corps pris individuellement, alors il est scientifiquement faux de dire que la *quantité* de mouvement dont ils jouissent leur soit une propriété essentielle. Sans cesse, en effet, des corps en mouvement passent au repos relatif, et souvent même, au cours des réactions chimiques, les énergies des êtres, qui pour le mécanisme se confondent avec le mouvement, éprouvent des pertes énormes au profit du milieu ambiant.

En somme, ce postulat du matérialisme doit sa forme spécieuse, notamment à la confusion de deux ordres, l'ordre abstrait et l'ordre concret.

Le mouvement, dit-on, est essentiel à la matière. Lorsqu'on prend ces deux termes « mouvement » et « matière » dans un sens abstrait, on peut hésiter sur la nature du lien qui les unit et se demander si le mouvement ne conditionne pas l'existence de la matière. Mais il en est autrement lorsqu'on examine le domaine de la réalité. *Le* mouvement comme tel n'existe pas ; mais il y a des corps possédant chacun des mouvements déterminés sous le rapport de la direction, de la vitesse et de la quantité. Et la question qui se pose est de savoir si ces mouvements complètement individualisés sont essentiels à tel ou à tel individu, si une modification quelconque de ces mouvements entraîne la disparition du corps qui en est doué.

L'expérience, même vulgaire, prouve à l'évidence qu'il n'en est rien.

Au surplus, à trop accentuer cette connexion, le mécanisme contredirait à ses propres principes, car il serait logiquement conduit à en rechercher la cause dans la substance même des corps, à placer en elle la raison dernière des diverses modalités que présente le mouvement dans les différentes espèces chimiques. Ce serait, en un mot, la négation du dogme de l'homogénéité de la matière.

En second lieu, supposé même, comme le soutient le mécanisme, que le mouvement conditionne l'existence de la

matière, les deux traits caractéristiques de l'ordre demeureraient encore inexplicables.

Des milliers d'atomes et de molécules se déplacent et s'entrecroisent sans trêve dans l'univers, se combinent et se désagrègent. De ce que la loi du repos leur fût antinaturelle, suit-il qu'au sortir des innombrables composés auxquels ils donnent naissance, ils doivent infailliblement reprendre, et dans une mesure invariable, la somme d'énergies propres à leur état d'isolement ? Qu'est-ce donc qui nécessite la restitution intégrale des mouvements perdus par tel ou tel corps, si les substrats matériels homogènes n'exigent aucune quantité de préférence à telle autre ?

La matière, dit-on, est substantiellement indifférente à toutes les directions que lui fait parcourir le mouvement. Il n'y a ni en dedans ni en dehors de l'être aucune poussée vers un but déterminé ; tout se fait à l'aveugle. D'où vient donc que, dans ce tourbillon des activités matérielles, toutes les actions s'ajustent à la mesure de l'ordre cosmique ? D'où viennent cette convergence harmonieuse, ces rencontres toujours appropriées à la reproduction des types spécifiques et aux besoins de l'ensemble ?

Chaque cause particulière, ajoute-t-on, produit fatalement son effet. Soit, mais assigner à chaque phénomène une cause proportionnée, ce n'est point indiquer le pourquoi de l'*orientation constante* de *tous* les agents corporels vers le bien individuel et général [1]). Pour la réalisation de l'ordre actuel,

[1]) C'est, en somme, la pensée qu'exprime Spencer : « Nulle vérité analytique, dit-il, ni aucun nombre de vérités analytiques, ne peut former cette synthèse de pensées qui pourrait seule être une interprétation de la synthèse des choses. La décomposition des phénomènes en leurs éléments n'est qu'une préparation pour la compréhension des phénomènes dans leur état de composition sous lequel ils se manifestent réellement. Avoir constaté les lois des facteurs n'est pas avoir constaté *les lois de leur coopération*. La chose à exprimer est le produit général des facteurs sous ses aspects variés...

» Si l'on admet que chacun des facteurs en jeu opère toujours en se con-

une seule voie est ouverte aux activités de la matière. Pour le désordre, au contraire, il en existe des milliards d'autres. Si aucun principe régulateur ne préside aux rencontres, comment se fait-il que tous ces principes d'action, indépendants les uns des autres, et d'eux-mêmes capables de suivre une infinité de directions diverses, ne suivent jamais que la voie commandée par l'ordre ?

L'ordre actuel, dit encore Büchner, se trouvait parmi les ordres possibles puisqu'en fait il a été réalisé.

Qui ne voit le défaut de cette argumentation ?

Oui l'ordre actuel est possible puisqu'il est, et le vieil adage « ab esse ad posse valet illatio » s'applique rigoureusement au cas présent. Aussi, il ne s'agit pas ici de la possibilité de l'ordre mais des causes qui en expliquent l'origine et la conservation. Or, ce que nous nions, c'est que la matière homogène, livrée aux caprices du mouvement local, soustraite à tout principe interne et externe d'orientation, puisse être une cause suffisante de l'ordre cosmique actuel : tout effet demandant une cause proportionnée.

Dans le but de suppléer à l'insuffisance manifeste des causes invoquées, les mécanistes font généralement appel à la durée de l'univers, c'est-à-dire à la série infinie des formes variées que le hasard des rencontres a dû produire au cours de son éternel passé. Puisque toutes les formes, toutes les combinaisons ont eu le temps de se réaliser, dit-on, pourquoi l'ordre actuel n'aurait-il pu, lui aussi, jaillir un jour du chaos ?

Ici encore, les matérialistes semblent oublier un principe de mécanique qui leur est cependant bien familier : dans un

formant à une loi, faut-il conclure que leur coopération n'obéit à aucune loi ?... Chaque objet, non moins que l'agrégat de tous les objets, subit d'un instant à l'autre quelque changement d'état. Graduellement ou subitement, il reçoit du mouvement ou en perd, en même temps que quelques unes de ses parties ou toutes changent leurs rapports entre elles. La question est donc : Quel est le principe dynamique, vrai pour la métamorphose en sa totalité et dans ses détails, qui exprime ces relations constamment changées ? » SPENCER, *Les premiers principes*, pp. 234 à 237. Paris, Schleicher, 1902.

système purement mécanique, tout état de l'univers est complètement déterminé par les états antérieurs et détermine complètement à son tour les états futurs, en sorte que toute la série possible d'évolutions du système se trouve en tous points fixée d'avance dans l'état initial. Quel que soit le passé de l'univers, l'ordre cosmique aurait donc été réalisé d'un coup, et cela, sans plan préconçu, sans but, sans principe régulateur, avec des éléments absolument indifférents à l'égard de toutes combinaisons possibles ! [1])

Visiblement, le mécanisme a ici substitué le parti pris au langage des faits, et à part ceux qui veulent fermer les yeux à la lumière, nul homme dégagé de préjugés n'hésite à reconnaître dans les harmonies de la terre et des cieux, dans cet ordre si complexe dont les plus grands esprits n'ont jamais eu qu'une connaissance fragmentaire, la copie d'un plan préconçu, l'existence d'une finalité vers un but approprié.

270. Deuxième conception : mécanisme spiritualiste. — Descartes, Leibniz même [2]) et bon nombre de mécanistes modernes qui n'ont point laissé ébranler leur foi en un Dieu-providence par les sophismes du matérialisme, accor-

[1]) Klimke, *Der Monismus und seine philosophischen Grundlage*, Freiburg im Breisgau, Herder, S. 145, 1911.

[2]) « Je pense, dit Leibniz, que c'est par des raisons déterminées de sagesse et d'ordre que Dieu a été amené à créer les lois que nous observons dans la nature, et par là, il est évident... que la cause finale n'est pas seulement utile à la vertu et à la piété dans la morale et la théologie naturelle ; mais que même dans la physique, elle sert à trouver et à découvrir des vérités cachées... Je demande si cette volonté ou ce commandement, ou, si l'on aime mieux, cette loi divine décrétée à l'origine, n'a attribué aux choses qu'une dénomination extrinsèque ou si, en les formant, elle a créé en elles quelque impression permanente ou une loi interne, loi d'où proviennent toutes les actions et toutes les passions, bien qu'elle soit le plus souvent ignorée des créatures en qui elle réside...

» La seconde opinion plus récente, est, selon moi, la plus vraie... Si la loi décrétée par Dieu a laissé dans les choses quelque empreinte d'elle-même, si l'ordre a formé les choses de manière à les rendre propres à accomplir la

dent une place d'honneur à la finalité dans l'interprétation de l'ordre de la nature.

Mais les êtres sont susceptibles de deux tendances : l'une tire son origine du fond même de l'être, elle lui est congénitale et porte à juste titre le nom de finalité immanente [1]). L'autre est une tendance d'emprunt, provenant d'impulsions reçues de l'extérieur ; telle est la tendance de la flèche qui va au point visé par l'archer.

Les partisans du mécanisme spiritualiste regardent la seconde, c'est-à-dire la finalité extrinsèque, comme indispensable mais suffisante à l'explication de l'ordre cosmique.

D'après eux, à l'origine des choses, les atomes reçurent directement du Créateur leur position initiale et une quantité déterminée de mouvement. Puis, sous l'influence de cette orientation primitive dont l'intelligence divine avait prévu tous les résultats, les atomes se livrèrent à leurs évolutions conformément aux lois de la mécanique, et réalisèrent peu à peu la série intentionnelle des scènes toujours renouvelées

volonté du législateur, alors il faut admettre que les choses ont été douées primitivement d'une certaine efficacité comme la forme ou la force que nous avons coutume d'appeler naturelle, d'où procède la série des phénomènes selon la prescription de l'ordre primitif. » *Œuvres philosophiques de Leibniz*, t. II : *De la nature en elle-même*, pp. 556 et suiv.

Bien que Leibniz soit partisan de l'hypothèse des lois internes, il n'admet pas cependant que les corps puissent s'influencer mutuellement et ne parvient dès lors à expliquer l'ordre cosmique qu'en faisant appel à « l'harmonie préétablie ».

[1]) D'ordinaire on donne le nom de *finalité immanente* à l'inclination foncière qui oriente chaque être vers son bien individuel et assure la perpétuité du type spécifique ; on réserve celui de *finalité extrinsèque* à cette même tendance considérée cette fois comme principe régulateur des activités transitives de l'être et des multiples rapports qu'il a avec ses congénères, rapports d'où dépend le maintien de l'ordre général.

Cette terminologie nous paraît moins heureuse. Au lieu de baser cette distinction sur le caractère du but poursuivi, nous préférerions l'appuyer sur la nature même du principe de finalité : appeler *immanente* toute finalité qui a sa source dans la substance même de l'être, *extrinsèque*, celle qui provient d'une impulsion communiquée.

et toujours ordonnées qui marquent le long passé de notre globe [1]).

On le voit, comme dans l'hypothèse précédente, la substance même des êtres est indifférente aux activités dont elle est le sujet. D'elle-même, elle ne réclame aucune impulsion de préférence à une autre, aucune force déterminée. Elle s'est prêtée passivement à la première chiquenaude communiquée par Dieu; ainsi elle se prêtera à celles que lui imprimeront dans la suite ses congénères.

271. **Critique de cette opinion.** — Appliquée à un nombre très restreint de corps, placés dans des conditions invariables, cette hypothèse ne paraît pas d'emblée manifestement insoutenable. Il en est autrement lorsqu'on la met en contact avec le processus réel du monde inorganique.

Afin de saisir plus aisément l'insuffisance de la finalité extrinsèque, bornons-nous à l'examen d'un des principes les plus importants de l'ordre général, les affinités chimiques. Elles règlent, on le sait, la rencontre des corps, président à la formation des composés et à la régénération des principes élémentaires.

Eh bien, supposons que toutes les affinités dérivent d'impulsions purement mécaniques; qu'en adviendrait-il de l'ordre chimique?

Depuis longtemps ce vaste domaine serait devenu un véritable chaos où se réaliseraient sans cesse les combinaisons les plus fantastiques, au grand préjudice du régime de notre terre. L'homme avec ses puissants moyens d'action, telles la chaleur, l'électricité ou les forces mécaniques, aurait bientôt changé le point d'application de ces énergies primitives et imprimé aux

[1]) Cfr. MARTIN, *Philosophie de la nature*, IIe Partie, c. 22, p. 115. « Etant donnés, dit-il, un ordre primitif des éléments de l'univers et les lois invariables de leur activité, tout l'enchaînement des phénomènes physiques en résulte pour toute la succession des temps, sauf la part d'intervention des causes intelligentes et libres. »

atomes des orientations totalement nouvelles dont il est facile de prévoir les funestes conséquences : rencontre fortuite de corps jusqu'ici indifférents ou sans affinité mutuelle, modifications profondes dans la composition atomique des composés, variation illimitée des espèces. Qu'y a-t-il en effet de plus variable, de plus mobile qu'une impulsion mécanique? [1])

Le monde, dit Descartes, est une machine.

Mais dans les machines construites avec le plus grand soin par la main de l'homme, le moindre désordre n'a-t-il pas sa répercussion sur l'ensemble? Et lorsque le fonctionnement régulier de la machine se trouve arrêté par l'usure ou la détérioration des multiples pièces qui la constituent, les débris peuvent-ils jamais reconstituer à nouveau cet organisme artificiel dans son état primitif?

Dans l'univers cependant, la nature ne cesse de détruire pour réédifier, renouvelant toujours le même spectacle malgré la variation infinie des circonstances, se pliant avec la même fidélité à ses lois invariables, parant d'elle-même aux influences perturbatrices.

La poussée des corps vers leur fin respective et le concert harmonieux de leurs activités ne relèvent donc point d'impulsions extérieures. Tel est, semble-t-il, le langage de la nature.

272. **Troisième conception.** — Une troisième hypothèse consiste à attribuer à la cause première le maintien de l'ordre et la stabilité des espèces chimiques.

Cette opinion se prête à une double interprétation.

1° Rien d'étonnant, dit-on, que l'univers tende constamment et sans défaillance au but qui lui fut assigné par son Auteur. Œuvre d'un Être souverainement intelligent et sage, il doit être la copie fidèle d'un plan préconçu où les moindres détails avaient leur place et leur rôle déterminés. Or, se peut-

[1]) Voir la réfutation de cette hypothèse, tome I, pp. 106-111.

il que les prévisions divines soient prises en défaut ou qu'il manque au Créateur la puissance de les réaliser ?

Nul spiritualiste ne conteste le bien fondé de ces vues, mais elles laissent sans réponse la question présente. A côté du problème de la cause originelle de l'ordre cosmique, il y a celui des principes physiques immédiats qui en assurent l'exécution. Le premier fût-il résolu, l'autre reste encore un champ libre à la discussion [1]).

2° La seconde interprétation revient à dire que Dieu lui-même est cause prochaine et unique de la marche harmonieuse du Cosmos.

Pareille opinion dépouille la nature de sa plus noble prérogative, celle de pourvoir à ses besoins par ses propres initiatives, et de tirer de son sein fécond cette série de merveilles qui en font toute la grandeur. Elle est, en un mot, la reproduction plus ou moins mitigée de l'occasionalisme de Malebranche, système à jamais banni du domaine philosophique.

273. Quatrième conception : théorie aristotélicienne et thomiste. — De l'examen de ces hypothèses

[1]) Comme le remarque KLEUTGEN dans son ouvrage *La philosophie scolastique*, t. III. p. 479, « il est facile de prouver l'existence des causes finales dans le monde quand on admet que l'univers est l'œuvre de la puissance du Créateur ». Mais cette preuve *a priori* n'est pas du ressort de la cosmologie. Dans cette science, « on se demande, dit-il, si, en considérant en elle-même l'activité de la nature, on peut démontrer qu'elle est déterminée par des causes finales, en sorte que nous puissions de là déduire la providence de Dieu ».

Ainsi posé, ajouterons-nous, le problème n'est même pas encore complet, car il y a lieu de rechercher à quel genre de finalité obéissent les activités naturelles. La tendance des êtres a-t-elle son ressort plastique dans le fonds substantiel ou dérive-t-elle d'impulsions communiquées ? C'est la question qu'il importe surtout au cosmologue de résoudre : le sort de la théorie thomiste en dépend. Une tendance, en effet, n'est synonyme de *nature*, au sens scolastique du mot, qu'à la condition d'être *immanente* ou *intrinsèque*, de provenir d'un principe interne. Cfr. DE COSTER, *Le problème de la finalité*, p. 52. Louvain, Peeters, 1887.

résulte une première conclusion qu'il importe de souligner : il faut que dans les entrailles mêmes des êtres corporels réside le principe régulateur des activités et des rencontres ordonnées dont le renouvellement incessant forme le cours de la nature.

Mais ici se pose aussitôt la question de savoir quel est le caractère intime de ces inclinations foncières.

Le plus grand défaut de toutes les opinions que nous venons d'examiner, fut de supprimer toute connexion naturelle entre la substance des êtres et les groupes invariables de propriétés qui différencient entre eux soit les corps simples, soit les corps composés du règne inorganique. Ce divorce prononcé, les substrats matériels représentés, par exemple, par les poids atomiques ou moléculaires, deviennent indifférents à l'égard du groupe de propriétés inséparables de leur état d'isolement. On ne voit plus en effet pourquoi les petites masses 1 d'hydrogène, 14 d'azote, 16 d'oxygène se revêtent toujours de tel groupe déterminé plutôt que de tel autre, manifestent des sympathies électives à l'égard de tels congénères à l'exclusion de tous autres.

L'indissoluble union en un faisceau unique de cette multitude de caractères physiques, cristallographiques et chimiques, dont beaucoup sont indépendants les uns des autres, demeure donc un phénomène inexpliqué aussi longtemps qu'on n'en place point la cause primordiale dans l'unité substantielle des êtres [1]).

D'autre part, demander à la substance la raison des groupes différentiels, de ces inclinations dont les affinités chimiques trahissent si manifestement le caractère électif, c'est souscrire du même coup aux vues aristotéliciennes sur la diversité spécifique des corps inorganiques, *simples* et *composés* ; car il serait contradictoire de faire reposer sur l'*homogénéité* des

[1]) « Est enim, dit saint Thomas, quidam appetitus non consequens apprehensionem ipsius appetentis sed alterius, et hujusmodi dicitur appetitus naturalis... In appetitu autem naturali principium hujus motus est connaturalitas appetentis ad id, in quod tendit, quae dici potest amor naturalis ». S. THOMAS, *Summa theologica*, 1a, 2ae, q. 26, a. 1.

substrats la *diversité* constante de leurs manifestations accidentelles.

Et qu'on ne dise pas qu'une simple différence quantitative de masse entraîne avec elle cette diversité qualitative, et suffit partant à en rendre compte.

D'abord, il existe en chimie bon nombre de corps isomères, identiques au point de vue de la quantité de matière, et cependant assez distincts les uns des autres pour être considérés par tous les hommes de science comme des espèces irréductibles.

En second lieu, si les propriétés et notamment la tendance des êtres étaient uniquement fonction de la masse, ou bien leur intensité croîtrait régulièrement avec la progression des poids atomiques, ou bien elle se dégraderait dans la même mesure. Or, il n'en est rien ; la loi de Mendéléeff en est une preuve manifeste. Parmi les corps les plus énergiques se placent des éléments dont les masses occupent à peu près les extrémités opposées de l'échelle des poids atomiques : tels sont, par exemple, le lithium 7, le baryum 137, etc... Ainsi en est-il des éléments négatifs faibles.

Au surplus, la quantité n'est ni un principe d'activité, ni un principe de diversification. Elle multiplie l'homogène, sans plus.

Pour répondre aux exigences des faits, force nous est donc d'admettre l'*existence de natures spécifiquement distinctes les unes des autres, et d'en multiplier le nombre avec les groupes indissolubles et constants de propriétés différentielles*. En d'autres termes, il faut reconnaître que tout corps inorganique est doué d'une finalité immanente, en vertu de laquelle il tend premièrement à conserver les traits distinctifs de son espèce, et secondairement, à échanger avec les autres corps, suivant les lois de l'affinité chimique, ses énergies natives [1]).

[1]) Cfr. S. Thomas, *Physic.* Lib. II, lect. 14. « Haec enim dicuntur esse secundum naturam quaecumque ab aliquo principio intrinseco moventur continuo quoadusque perveniant ad aliquem finem, non in quodcunque con-

Ce principe est le résumé de toute la physique aristotélicienne. Le reste en est un corollaire [1]).

274. Conséquences logiques de ce principe. — 1° La diversité spécifique des corps simples et des mixtes inorganiques a pour première conséquence la composition hylémorphique de tous les corps naturels.

En effet, pour que les générateurs se revêtent dans le composé d'une nature commune, d'un même état substantiel, ils doivent, d'évidence, se dépouiller de cette empreinte profonde qui détermine leur espèce, et revêtir ensemble une

tingens nec a quocunque principio in quemcunque finem, sed a principio determinato in determinatum finem. Semper enim ab eodem principio proceditur in eumdem finem nisi aliquid impediat. Ex quo patet non deliberare contingit alicui, non quia agit propter finem, sed quia habet media per quae agit. Unde et quia natura habet media determinata per quae agit, propter hoc non deliberat ». — Cfr. *Summ. Theol.* Ia IIae, q. 1, a. 2. « Omnia agentia necesse est agere propter finem... Si enim agens non esset determinatum ad aliquem effectum, non magis ageret hoc quam illud. Ad hoc ergo, quod determinatum effectum producat, necesse est quod determinetur ad aliquid certum, quod habet rationem finis. Haec autem determinatio sicut in rationali creatura per rationalem fit appetitum, qui dicitur voluntas, ita in aliis fit per inclinationem naturalem, quae dicitur appetitus naturalis ».

Quant à Aristote, le fait de la finalité immanente lui parut toujours d'une si grande importance qu'il en fit la base de son système cosmologique. Aussi y revient-il souvent au cours de ses ouvrages, notamment dans le *De coelo et mundo*, II, 8, 11, etc... ; *Metaph.*, XI, 6, 7, 10 ; *De partibus animalium ; De respiratione ; De generatione animalium ; Physic.*, II, 5, VIII, 7, etc...

De nos jours, cette pensée dominante de la physique aristotélicienne a été surtout mise en lumière par M. Kaufmann : « La philosophie naturelle d'Aristote, dit-il, est une téléologie. Tout est ordonné à une fin, c'est sa constante pensée. Cette idée domine toute sa philosophie, métaphysique, physique, psychologie, zoologie, éthique, politique... Pour lui, les causes matérielles et motrices seules sont insuffisantes ; aussi, appuyé sur les faits, basé sur un procédé judicieux, il établit sa doctrine sur la cause finale ». KAUFMANN, *Philosophie naturelle d'Aristote. Étude sur la cause finale*, p. XVI. Paris, Alcan, 1898.

[1]) Cette preuve de la théorie scolastique s'étend à toutes les espèces chimiques *simples* ou *composées*. Ells est donc indépendante de la question de savoir si les corps élémentaires ne résultent pas eux-mêmes d'une combinaison d'atomes primitifs plus ténus.

empreinte nouvelle d'où résultent leurs traits spécifiques nouveaux. C'est à cette seule condition que les qualités propres au composé deviennent l'expression vraie d'une nature appropriée.

D'autre part, pareille métamorphose ne se conçoit pas sans une dualité de principes constitutifs, à savoir, un principe fixatif de l'espèce, et un second principe, de lui-même indéterminé, destiné de ce chef à servir de substrat réceptif aux déterminations essentielles ; car la transformation n'est ni une création ni une annihilation, mais une succession d'états opposés dans un même sujet matériel.

Les scolastiques avaient donné à ces éléments intégrants de la substance les noms de *matière première* et de *forme substantielle.*

2° Le rôle du principe spécifique se trouve aussi nettement tracé.

En donnant au corps son actualité foncière et sa nature distinctive, la forme détermine du même coup le caractère de toutes les propriétés accidentelles qui en sont la résultante obligée. Elle les maintient dans une indissoluble union, parce qu'elle est avec la matière leur source commune et la raison nécessitante de leur apparition. A elle enfin revient la mission d'incliner le corps et ses multiples activités vers la fin individuelle.

3° De la sorte, l'ordre cosmique ne nous étonne plus, vu que les êtres portent en eux-mêmes un principe interne de finalité qui les maintient dans leur état et règle la marche de leurs opérations [1]).

[1]) S. THOMAS, *Cont. Gent.*, IV, c. 19. « Res naturalis per formam qua perficitur in sua specie, habet inclinationem in proprias operationes et proprium finem quem per operationes consequitur : quale enim est unumquodque talia operatur et in sibi convenientia tendit. »

Cfr. etiam *Summa theologica*, I. P. q. 103, a. 1, ad 3um. « Necessitas naturalis inhaerens rebus, qua determinatur ad unum, est impressio quaedam

Il serait aisé, en continuant cette voie déductive, de donner un exposé complet de toute la théorie thomiste, mais cette analyse basée sur l'hypothèse des transformations substantielles a été faite plus haut.

DEUXIÈME ARGUMENT, TIRÉ DE L'UNITÉ DES ÊTRES VIVANTS

275. Constitution de l'être vivant. Ses conséquences. — La plante et l'animal jouissent incontestablement d'une unité essentielle. La solidarité des fonctions nécessaires à leur entretien, la convergence constante des multiples activités, dont ils sont le siège, vers leur bien-être et leur développement normal, sont des preuves péremptoires de cette doctrine.

Chez l'homme, ces données de l'expérience sont confirmées par un témoignage décisif, celui de la conscience. Nous attribuons à un *même sujet* l'universalité de nos actes, qu'ils appartiennent à la vie sensitive, intellectuelle ou purement végétative. Fait inexplicable s'il n'y avait en nous, au delà des

Dei dirigentis ad finem, sicut necessitas, qua sagitta agitur... est impressio sagittantis et non sagittae. Sed in hoc differt, quia id quod creaturae a Deo recipiunt est earum natura ; quod autem ab homine rebus naturalibus imprimitur praeter earum naturam ad violentiam pertinet. »

Citons ici la belle synthèse que nous donne M. Huit de la cosmologie aristotélicienne : « La nature, dit-il, agit comme le ferait un artiste, travaillant en toute circonstance d'après un plan arrêté. A un finalisme d'organisation s'ajoute dans ses œuvres un autre finalisme de destination... Elle poursuit par des méthodes aussi ingénieuses qu'efficaces l'exécution d'un plan harmonieusement conçu. Toutes les créatures nous apparaissent ainsi comme pourvues d'une sorte de ressort intime, système complet de lois harmoniques, force plastique orientée vers leur fin individuelle... Dispensatrice suprême de toutes les qualités, de tous les attributs des choses, c'est la nature qui entretient le mouvement et la vie à tous les degrés de l'existence, c'est elle qui veille à la conservation des êtres, plus attentive d'ailleurs au tout qu'à ses parties, plus préoccupée de l'espèce et de la race que des individus. » HUIT, *La philosophie de la nature chez les anciens*, pp. 370 et suiv. Paris, Fontemoing, 1901.

principes immédiats d'action, un être vraiment un, la substance *une* du composé humain [1]).

Cependant, malgré leur supériorité, tous les êtres vivants sont tributaires des corps inorganiques. Ils ont emprunté à la matière brute les éléments constitutifs de leurs tissus, ils se nourrissent à ses dépens, si bien qu'après la mort, c'est en principes simples et composés de la chimie que se résout leur dépouille mortelle.

Il y a donc en eux deux propriétés à concilier : l'unité substantielle et la multiplicité des constitutifs matériels ?

L'unité ne peut être révoquée en doute.

D'autre part, elle est manifestement incompatible avec la persistance actuelle des multiples individualités atomiques ou moléculaires qui ont concouru à sa formation. Quel que soit en effet leur mode d'union, les masses inorganiques ne formeront jamais qu'un agglomérat si elles continuent de conserver leur espèce et leur être respectif au sein du corps vivant. L'homme lui-même serait une colonie dont les activités devraient se partager entre l'âme et les millions d'atomes qui lui sont annexés.

Pour éviter la contradiction et sauvegarder à la fois l'unité essentielle des êtres doués de vie, il faut donc attribuer à tous les corps du monde matériel une constitution dualiste qui leur permette de subir des métamorphoses profondes, de se dépouiller de leurs traits spécifiques et partant de leur être propre en échange d'un état substantiel plus élevé. Alors l'unification de toutes les parties intégrantes par un seul principe vital, l'interdépendance mutuelle de toutes les activités, et leur concours harmonieux, tout s'explique sans peine. Mais nous revenons ainsi à la composition hylémorphique de

[1]) La doctrine de l'unité essentielle du composé humain a été supérieurement traitée par D. MERCIER dans son *Cours de Psychologie*, 9me édit., 3me Partie, c. I, art, 3, 2me section. Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1912.

la matière et à toutes les conséquences qui constituent la partie déductive de la théorie scolastique [1]).

Critique de certains arguments

Après avoir examiné les bases solides et, à notre sens, inébranlables de la doctrine thomiste, il ne sera pas sans intérêt de discuter la validité de certains arguments encore en vogue à l'heure présente.

276. 1° **Argument tiré de la diversité spécifique des propriétés.** — Plusieurs auteurs semblent attacher une importance primordiale à cet essai de démonstration. Pour eux, la diversité qualitative des propriétés est une donnée tellement évidente qu'il serait permis d'en inférer d'emblée toutes les idées principielles du thomisme.

Les corps chimiques, dit-on, soit simples, soit composés se signalent chacun par un groupe de propriétés *réellement spécifiques*. Or, la substance des êtres se reconnaît à ses manifestations accidentelles. Donc tous les corps chimiques sont des natures spécifiquement distinctes les unes des autres.

277. **Critique.** — Ainsi présentée, cette preuve nous paraît peu convaincante, et même en désaccord avec l'expérience.

Parcourez toutes les forces physiques ; en trouverez-vous une seule qui se diversifie *qualitativement* dans les diverses espèces où elle est réalisée ?

La force calorifique des quatre-vingt-cinq corps simples de la chimie ne produit-elle pas toujours et partout des phénomènes thermiques de même nature ? Sans doute ces phénomènes se différencient par leur intensité, et sous ce rapport on peut

[1]) Voir plus haut, nos 273-274, pp. 456-461, l'extension de cette preuve au règne inorganique.

dire que chaque espèce tient en réserve une quantité spéciale de calorique. Néanmoins, il serait puéril de distinguer dans la chaleur autant de notes spécifiques qu'elle comporte de degrés.

L'électricité, elle aussi, est une propriété commune de la matière brute. Très positive chez les éléments alcalins, elle perd progressivement ce caractère dans les autres métaux, devient négative avec les métalloïdes, et par une progression ascendante atteint son maximum d'intensité chez les halogènes, chlore et fluor. Ici encore différence quantitative manifeste aussi bien dans les corps positifs que négatifs, mais, au point de vue des effets, absence complète de toute distinction spécifique [1]).

Ainsi en est-il de la force luminique, du pouvoir réfringent et en général des propriétés optiques.

L'état gazeux, liquide ou solide constitue-t-il un critérium plus infaillible de spécification ? Pas davantage. Depuis longtemps la physique a établi que l'état d'un corps relève uniquement de l'intensité relative des forces attractives et répulsives, inhérentes aux dernières particules de la matière, et de la pression que ce corps subit. D'après le degré de prédominance de l'une ou l'autre de ces énergies, les particules s'agglomèrent, tendent à leur dispersion ou revêtent un état intermédiaire.

Reste la forme cristalline, propriété en apparence la plus décisive. Ses modalités sont multiples. En fait, elles se réduisent toutes à des configurations variées d'une propriété commune, l'étendue, qui, certes, ne change pas de nature avec les aspects divers qu'elle présente.

En vain donc cherche-t-on dans le signalement des espèces chimiques cette note *réellement spécifique* sur laquelle repose l'argument précité.

[1]) Notons cependant, que, d'après l'*école allemande*, la théorie électronique comporte une distinction réelle entre les électricités positive et négative.

Il y a plus. Basé sur une hypothèse pour le moins très contestable, cet essai de démonstration contient encore une mineure qui ne brille point des clartés de l'évidence.

De l'hétérogénéité accidentelle présupposée, on passe sans intermédiaire à l'hétérogénéité substantielle : les qualités, dit-on, sont l'expression fidèle de la nature de l'être. Proposition vraie en théorie thomiste où les propriétés sont une sorte d'efflorescence ou de prolongement naturel de l'être essentiel ; proposition très combattue, au contraire, par les partisans du mécanisme.

Il importe donc souverainement de l'établir. Or, le seul moyen, croyons-nous, de mettre hors de doute cette connexion nécessaire entre l'être et ses qualités accidentelles, est de faire appel à la finalité immanente, ou, si l'on veut, à la récurrence invariable des mêmes espèces inorganiques. Dans ce cas, l'argument en question perd toute valeur propre, ou mieux, résume sous une forme plus problématique la preuve tirée plus haut de l'ordre cosmique.

278. En quoi consiste la diversité des propriétés ? — Sa portée cosmologique. — Il ne faudrait pas conclure de cette discussion que l'étude du signalement des corps minéraux est sans importance pour le cosmologue.

En somme, malgré l'absence de toute distinction spécifique entendue au sens rigoureux du terme, les groupes de propriétés n'en demeurent pas moins, pour qui sait découvrir la raison dernière de leurs caractères, les signes révélateurs de types substantiels, réellement spécifiques.

1° D'abord, il existe entre les différents groupes une différence quantitative nettement tranchée. Tous les corps simples, par exemple, ont une force calorifique spéciale et donnent lieu, en se combinant avec un même élément pris pour terme de comparaison, à des phénomènes thermiques d'inégale grandeur : KCl dégage 105 calories ; NaCl 97,3 ; LiCl 93,5 etc... Les autres forces se prêtent à la même constatation.

2° Ce degré d'intensité que présentent les énergies d'un corps donné est pour celui-ci une marque naturelle, relativement indépendante des influences extérieures, et partant invariable.

3° Chaque groupe de puissances est soumis à des conditions d'activité qui lui sont propres. Il suffit pour s'en convaincre de parcourir le domaine de la chimie, de constater l'infinie variété des circonstances dans lesquelles se produisent les combinaisons chimiques. Placés dans un même milieu, tels corps mettent spontanément en liberté une quantité considérable de chaleur, d'électricité et de lumière ; tels autres sortent avec peine de leur engourdissement ; tels autres encore restent absolument inertes.

4° Enfin, bien que les propriétés d'un être se trahissent chacune par des manifestations propres, elles se trouvent réunies en un seul faisceau par un lien de solidarité si intime qu'elles sont, en fait, inséparables.

Or, ce quadruple caractère, dont aucun cependant n'est par lui-même un critérium de spécification, n'admet d'autre explication que la diversité spécifique des êtres, dès qu'on le subordonne à la finalité immanente [1]). Ainsi replacées dans leur cadre, les différences accidentelles purement quantitatives redeviennent une preuve rigoureuse de la doctrine scolastique.

279. 2° Argument tiré de l'opposition constatée entre certaines propriétés corporelles. — Quand on jette un regard attentif sur les êtres matériels, on y découvre de suite des antinomies ou des contradictions apparentes : d'une part l'*unité* indéniable de chaque corps, d'autre part la *multiplicité*, la diffusion, le redoublement de ses parties. Ici l'*indivision actuelle* du tout jointe à une *divisibilité* sans limites. Là l'*inertie*, la *passivité*, l'indifférence au repos ou au

[1]) Cfr. n° 273, p. 457.

mouvement, et en même temps l'*activité* et une sorte de *spontanéité* dans l'action. Enfin, certaines propriétés génériques, *communes* à tous les êtres matériels, et à côté, des propriétés spécifiques, *propres* à chaque individualité.

Or, se peut-il qu'un seul et même principe foncier revête à la fois deux propriétés contradictoires ?

Tout corps est donc constitué d'un double élément : l'un, principe d'étendue, de passivité, de quantité et d'identité ; l'autre, principe d'unité, d'activité, de qualité et de spécification ; en deux mots, la *matière première* et la *forme substantielle* [1]).

[1]) Cfr. FARGES, *Matière et forme en présence des sciences modernes*, pp. 13 et 14. Paris, Bureau des *Annales de philosophie chrétienne*, 1888. — SCHNEID, *Naturphilosophie im Geiste des heiligen Thomas von Aquin*, S. 123. Paderborn, Schöningh, 1890.

Cet argument a été spécialement bien développé par le R. P. SCHAAF, *Institutiones cosmologicae*, pp. 295-316. Romae, 1907. Il se présente même sous un aspect nouveau qui veut être mentionné :

La quantité, dit-il, peut être considérée à un triple point de vue où elle apparaît en opposition réelle avec d'autres propriétés de la matière.

1° Comme propriété passive, elle s'oppose à la force active.

2° Comme réalité indifférente à l'égard de n'importe quelle division, elle est en opposition avec la force de cohésion qui met obstacle au fractionnement du corps.

3° Comme réalité indifférente à l'égard de toute figure, elle s'oppose à la configuration déterminée dont elle jouit de fait.

Or, la quantité et les forces actives, étant des accidents propres, doivent avoir leur fondement dans un principe substantiel plus profond ; et puisqu'elles sont opposées entre elles, il faut que le principe foncier, dont elles découlent, soit double, ou plutôt qu'il soit constitué d'un principe matériel et d'un principe formel.

La seconde et la troisième opposition conduisent à la même conclusion.

Tel est l'argument par lequel l'auteur a essayé d'établir la composition hylémorphique des atomes chimiques.

Est-il péremptoire ?

Malgré les larges développements que lui donne le R. P. Schaaf, malgré le réel talent avec lequel il en tire parti, nous ne le croyons pas. Même sous sa forme nouvelle, cet argument prête le flanc aux principales critiques dont est l'objet l'argument ordinaire.

D'ailleurs, l'auteur lui-même ne le regarde nullement comme décisif.

280. **Valeur de cet argument.** — Que penser de cet argument ? Échappe-t-il à toute critique ?

Prenons garde d'abord de trop accentuer l'opposition de caractères sur laquelle s'appuie ce nouvel essai de démonstration. Si, comme on paraît l'affirmer, certaines propriétés s'opposent l'une à l'autre comme des contradictoires, il est difficile de comprendre qu'elles puissent affecter simultanément le même sujet matériel, et l'union naturelle entre les deux principes fonciers dont elles découlent, semble non moins compromise.

En second lieu, la composition hylémorphique de la matière, admise par la théorie thomiste, se concilie parfaitement avec une certaine coexistence de propriétés disparates. Elle en fournit même une explication facile et plausible. Mais le fait mentionné suffit-il à lui seul pour établir cette composition de matière et de forme ?

Tel n'est pas notre avis.

On oppose, avec raison d'ailleurs, l'*activité* à la *passivité*, et on en conclut que ces deux attributs du corps relèvent *nécessairement* de deux causes substantielles opposées.

Est-ce logique ? Ce mélange d'acte et de puissance n'est-il pas l'apanage de tout être créé ? L'ange lui-même, malgré la simplicité de son essence, n'est-il pas, sous bon nombre de rapports, actif et passif ? La contingence, telle est, croyons-nous, la raison dernière de la passivité dont toute créature se trouve affectée. Toutefois, cette imperfection s'accroît à mesure que l'on descend davantage vers les degrés inférieurs de l'échelle des êtres, et c'est pourquoi l'élément souveraine-

« Putamus, dit-il, concedendum esse, argumentum propositum *non affulgere plena evidentia*, et inde illud non proponimus ut apodicticum. » — « Jamvero essentia istarum proprietatum, nempe quantitatis et facultatis agendi, jam est nobis parum nota ; essentia autem principii remoti, quod non intuemur, est nobis adhuc magis obscurior, quam quod *plena evidentia*, affirmare possimus, ex uno principio illas proprietates suo modo oppositas oriri non posse », p. 306.

ment potentiel, la matière première, est si bien en harmonie avec la grande passivité des corps, sans en être cependant la cause indispensable.

De même, l'*inertie* et l'*activité* paraissent être aussi deux propriétés exclusives l'une de l'autre.

En réalité, cette opposition est beaucoup moins radicale qu'on est tenté de le croire.

Le terme « inertie » s'entend de deux manières. Ou bien il est synonyme de passivité, comme dans l'expression « quantité d'inertie ou quantité de masse » [1]), et dans ce cas, nous venons de le montrer, on ne peut rien en déduire en faveur de l'hylémorphisme.

Ou bien il désigne simplement l'impuissance du corps à modifier son état de repos ou de mouvement. Alors il serait intéressant de savoir où gît l'opposition. Par le simple fait que le corps inorganique a ses activités tournées vers le dehors, il lui est impossible de modifier, de sa propre initiative, l'état dans lequel les causes extérieures l'ont placé. Ainsi entendue, l'inertie, loin d'être opposée à l'activité, devient une conséquence nécessaire de la manière d'agir des êtres matériels.

Il y a encore l'étendue, alliage d'*unité* et de *multiplicité*, d'*indivision actuelle* et de *divisibilité indéfinie*.

Assurément, le double aspect de cette propriété concorde en tous points avec les aptitudes distinctives des éléments essentiels du corps. Ne l'oublions pas cependant, l'étendue n'est pas un agglomérat de deux parties irréductibles : l'unité et le multiple potentiel. Au contraire, l'*unité d'extension* implique essentiellement le multiple en puissance, en sorte que l'une et l'autre sont deux faces d'une seule et unique réalité.

Or, pour constituer cette entité, faut-il de toute nécessité le concours de deux parties substantielles, forme et matière

[1]) Cfr. n. 91, pp. 138-141.

première ? En d'autres termes, si l'étendue, de par son concept même, est une qualité réellement *une*, répugne-t-il qu'une matière homogène, au sens mécanique du mot, en soit douée ? Nous ne le croyons pas.

Au surplus, y eût-il dans l'ensemble de ces contrastes une preuve suffisante de la théorie dualiste de l'essence corporelle, il resterait beaucoup à faire pour asseoir sur une base inébranlable le principe fondamental de la cosmologie aristotélicienne.

Toutes les propriétés énumérées étant communes à tous les corps, la seule conclusion légitime serait la suivante : tous les êtres matériels sont constitués de deux éléments consubstantiels, à savoir, d'un principe indéterminé et d'un principe déterminant. Or, bien plus compréhensive est l'idée-mère du système. Elle se résume dans cette proposition : il existe dans le monde inorganique des natures *spécifiquement* distinctes, c'est-à-dire des corps substantiellement inclinés vers des fins propres qu'ils réalisent par l'exercice de puissances appropriées. La composition hylémorphique en est une simple déduction.

Voulant compléter cette preuve, plusieurs, il est vrai, font appel à la diversité spécifique de certaines propriétés. Mais pareil appui, nous l'avons dit, ne résiste point à la critique scientifique qui ne découvre partout que des différences quantitatives [1]).

281. Conclusion. — A notre avis, il existe une seule preuve complète de la théorie scolastique considérée dans son application au monde inorganique, et cette preuve nous est fournie par l'étude de l'ordre universel.

Avec toutes les clartés de l'évidence, les harmonies de l'univers nous montrent dans chaque corps l'existence d'une finalité immanente jointe à un complexus de propriétés invariable, indissoluble, quantitativement distinct de tout autre.

[1]) Cfr. pp. 463-465.

Tel est le seul fait qui justifie la physique thomiste prise dans son intégralité.

Loin de nous la pensée de refuser toute valeur à l'argument tiré de la constitution des êtres vivants. Nous croyons cependant que cette démonstration ne saurait établir la spécificité des substances minérales sans faire d'importants emprunts à la preuve précédente.

Laissée à elle seule, elle ne conduit sûrement qu'à la constitution bipartite du corps inorganique. C'est la raison pour laquelle nous l'avons placée en sous-ordre à l'effet de corroborer par une voie nouvelle et plus directe l'une des conclusions de l'argument général.

Or, la spécificité des natures est une doctrine de toute première importance en cosmologie ; car le cosmologue doit avoir pour but premier de fixer les causes dernières explicatives de l'ordre cosmique, de déterminer notamment les principes immédiats de sa constance. Dès lors, il s'arrêterait à mi-chemin, semble-t-il, laissant inexpliqués la physionomie propre et le rôle spécial des facteurs, s'il se contentait de prouver en général leur composition de matière et de forme.

Quant aux autres essais, on aurait tort également de les croire inutiles. Bien que dépourvus de toute force probante, ils ont l'avantage de mettre en relief l'accord de la théorie thomiste avec certains faits d'expérience.

BIBLIOGRAPHIE

ABRAHAM. La nouvelle mécanique *(Scientia,* janvier 1914).
— (*Gött. Nachrichten*, f. I, 1902).
AHERNE. Physical Science versus Matter and Form *(Dublin Review,* 1889).
ALBERTUS MAGNUS. De Cœlo et Mundo.
— De Anima.
ARISTOTELES. Libri Metaphysicorum (Edit. Didot).
— Libri naturalis Auscultationis seu Physicorum (Edit. Didot).
— De Anima (Edit. Didot).
— De Generatione et Corruptione (Edit. Didot).
— Libri Meteorologicorum (Edit. Didot).
ARTHUS. Précis de chimie physiologique. Paris, 1913.
AUGUSTINUS (S.). De Genesi contra Manichaeos.
BALFOUR-STEWART. La conservation de l'énergie. Paris, Germer Baillière, 1879.
BALMÈS. Philosophie fondamentale. Liége, Lardinois, 1852.
BALTHASAR. L'être et ses principes métaphysiques. Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1914.
BERGSON. L'évolution créatrice. Paris, Alcan, 1908.
BERTHELOT. Essai de Mécanique chimique. Paris, Dunod, 1879.
BEYSENS. Natuurphilosophie of Cosmologie. Amsterdam, Van Langenhuysen, 1910.
BLANC. *(La pensée contemporaine,* octobre 1904).
BOREL. Le hasard. Paris, Alcan, 1914.
BOUASSE. Physique générale *(De la Méthode dans les sciences.* Paris, Alcan, 1910).
BOUCHER. Essai sur l'hyperespace, le temps, la matière et l'énergie. Paris, Alcan, 1905.
BOUTROUX. De la contingence des lois de la nature. Paris, Alcan, 1895.
— De l'idée de la loi naturelle. Paris, Société française d'imprimerie, 1913.

BOUTY. La vérité scientifique. Paris, Flammarion, 1908.
BRAUN. Kosmogonie. Münster, Aschendorff, 1895.
BRUNHES. La dégradation de l'énergie. Paris, Flammarion, 1908.
BÜCHNER. Force et matière ou principes de l'ordre naturel de l'univers. Paris, Reinwald, 1884.
BULLIOT. L'unité des forces physiques *(Annales de philosophie chrétienne,* 1889).
— Examen des principales théories de la combinaison chimique *(Compte-rendu du congrès scientifique de Paris,* t. VII, 1891).
CAJETANUS. Commentarium in De ente et essentia.
CAPREOLUS. Commentarium in Libros Distinctionum.
CARTESIUS. Principia philosophica. Amstelodami, Elzeverius, 1664.
CHAROUSSET. Le problème métaphysique du mixte *(Revue de philosophie,* décembre 1903).
CURIE (Mme). Sur les rayonnements des corps radioactifs *(Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913).
DE BACKER. Cosmologia. Paris, Briguet, 1899.
DE COSTER. Le problème de la finalité. Louvain, Peeters, 1887.
DE LA VAISSIÈRE. Philosophia naturalis. Paris, Beauchesne, 1912.
DELBET. La science et la réalité. Paris, Flammarion, 1913.
DE MARIA. Philosophia peripatetico-scholastica, Cosmologia. Romæ, 1898.
DE MUNNYNCK. Notes sur l'atomisme et l'hylémorphisme *(Revue thomiste,* 1897).
— Les propriétés essentielles des corps bruts *(Revue thomiste,* 1900).
DE SAINT-ROBERT. La conservation de l'énergie. Paris, Germer Baillière, 1879.
DE SAN. Institutiones metaphysicæ specialis, Cosmologia. Lovanii, Fonteyn, 1881.
DE WULF. Histoire de la philosophie médiévale. Louvain, 1912.
— Les philosophes belges : Le Traité de unitate formæ de Gilles de Lessines. Louvain, 1901.
DOMET DE VORGES. De la distinction réelle de la substance et de l'étendue *(Annales de philosophie chrétienne,* mai 1890, et tome 39, 1898-1899).
— Abrégé de métaphysique. Paris, Lethielleux, 1906.
DONAT. Cosmologia. Œnipotente, Rauch (Pustet), 1913.

DRESSEL. Lehrbuch der Physik. Freiburg im Breisgau, Herder, 1895.
— Die neuere Entwickelung des Massen-Begriffes *(Philosophisches Jahrbuch,* XX. B., 1907).
— *(Natur und Offenbarung,* XV. B.).
DUCLAUX. La chimie de la matière vivante. Paris, Alcan, 1910.
DUHEM. L'évolution de la mécanique. Paris, Joannin, 1903.
— La théorie physique, son objet, sa structure. Paris, Chevalier, 1906.
— Le système du monde. Paris, Hermann, 1913.
DUMAS. Leçons sur la philosophie chimique. Paris, Gauthier-Villars, 1878.
DUNAN. La perception des corps (*Revue philosophique,* t. 53, 1902).
ENSTEIN. Sur le problème de la relativité *(Scientia,* avril 1914).
ENRIQUÈS. Les concepts fondamentaux de la science. Paris, Flammarion, 1913).
EVELLIN. La divisibilité dans la grandeur *(Revue de Métaphysique et de Morale,* 1894).
FARGES. Matière et Forme en présence des sciences modernes. Paris, Roger et Chernovitz, 1888.
FAYE. Sur l'origine des mondes. Paris, Gauthier-Villars, 1884.
FESTUGIÈRE. Questions de philosophie de la nature *(Revue bénédictine,* 1904).
FISCHER. Zum Raum- und Zeitproblem *(Archiv für systematische Philosophie,* X. B., 1904).
FRANZELIN. Tractatus de Eucharistiæ sacramento et sacrificio. Romæ, Typ. polygl., 1879.
FREUNDLER. La stéréochimie. Paris, Carré et Naud, 1901.
FREYCINET. Essai de philosophie des Sciences. Paris, Gauthier-Villars, 1900.
FRONTERA. Étude sur les arguments de Zénon d'Élée contre le mouvement. Paris, Hachette, 1891.
GAUTIER. Chimie biologique. Paris, Savy, 1892.
GAUTIER et CHARPY. Leçons de chimie à l'usage des élèves des mathématiques spéciales. Paris, Gauthier-Villars, 1892.
GEYSER. Der Begriff der Körpermasse *(Philosophisches Jahrbuch,* 1898).
GONZALÈS. Cosmologia. Matriti, Lopez, 1868.
GOUDIN. Philosophie suivant les principes de saint Thomas. Paris, Poussielgue, 1864.

GREDT. Gleichartigkeit und Ungleichartigkeit der Teile in der belebten und unbelebten Substanz und die Wiederkehr der Elemente in der chemischen Auflösung (*Jahrbuch für Philosophie und spekulative Theologie*. XIX. B., 4. H., 1904).

— Homogénéité ou hétérogénéité du mixte (*Revue Néo-scolastique*, 1908).

— Elementa philosophiæ thomistae. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1909.

GUTBERLET. Naturphilosophie. Münster, Verlag der Theissing'schen Buchhandlung, 1894.

HAAN. Philosophia naturalis. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1898.

HANNEQUIN. Essai critique sur l'hypothèse des atomes. Paris, Alcan, 1899.

HELMHOLTZ. Mémoire sur la conservation de la force. Paris, Masson, 1869.

HENRY. Précis de chimie générale. Louvain.

HERZ. Les bases physico-chimiques de la chimie analytique. Paris. Gauthier-Villars, 1909.

HIRN. Analyse élémentaire de l'univers. Paris, Gauthier-Villars, 1868.

HÖNINGSWALD. Zum Streit über die Grundlagen der Mathematik. Heidelberg, Winter, 1912.

HUGON. Cosmologia. Paris, Lethielleux, 1911.

HUIT. La philosophie de la nature chez les anciens. Paris, Fontemoing, 1901.

JOANNES A S. THOMA. Logica. De generatione. Paris, Vivès, 1883.

JOB. Chimie (*De la méthode dans les sciences*. Paris, Alcan, 1910).

JOUFFRET. Introduction à la théorie de l'énergie. Paris, Gauthier-Villars, 1883.

KAUFMANN. Philosophie naturelle d'Aristote. Étude sur la cause finale. Paris, Alcan, 1898.

KAUFMANN. (*Gött. Nachrichten*, f. III, 1903).

KLEUTGEN. La philosophie scolastique. Paris, Gaume, 1869-1870.

KLIMKE. Der Monismus und seine philosophische Grundlage. Freiburg im Breisgau, Herder, 1911.

LAHOUSSE. Prælectiones metaphysicæ specialis, Cosmologia. Lovanii, Peeters, 1899.

LAMINNE. Les quatre éléments, le feu, l'air, l'eau, la terre. Bruxelles, Hayez, 1904.

LAMININE. La permanence des éléments dans le composé chimique *(Revue Néo-scolastique,* 1906).

LANGEVIN. La dynamique électro-magnétique *(Les idées modernes sur la constitution de la matière.* Paris, Gauthier-Villars, 1913).

— Conférence à la Société française de physique, novembre 1913).

LANUSSE. A propos d'une critique sur l'opinion de Suarez « de effectu formali quantitatis » *(Revue Néo-scolastique,* mai 1904).

— Études et controverses philosophiques. Paris, Roger et Chernovitz, 1909.

LAPLACE. Exposition du système du monde. 6e édition. Paris, Bachelier, 1836.

LEBON. L'évolution de la matière. Paris, Flammarion, 1912.

— L'évolution des forces. Paris, Flammarion, 1908.

LECHALAS. Étude sur l'espace et le temps. 2e édit. Paris, Alcan, 1910.

LE DANTEC. La définition de l'individu *(Revue philosophique,* janvier 1901).

LEHMEN. Lehrbuch der Philosophie, Cosmologie und Psychologie. Freiburg im Breisgau, 1911.

LEIBNIZ. Œuvres philosophiques. — De la nature en elle-même. — Monadologie.

LEMOINE. L'évolution de la chimie physique *(Revue des Questions scientifiques,* janvier 1913).

LEPIDI. Elementa philosophiæ christianæ. Lovanii, Peeters, 1879.

LE ROY. Science et philosophie *(Revue de Métaphysique et de Morale,* septembre 1899).

LIBERATORE. Institutiones philosophiæ. Prati, Giachetti, 1883-1884.

— Du composé humain. Lyon, Briday, 1865.

— De la connaissance intellectuelle. Paris, Berche, 1885.

LODGE. La vie et la matière. Paris, Alcan, 1909.

LORENTZ. Considérations élémentaires sur le principe de relativité *(Revue générale des Sciences,* 15 mars 1914).

— La gravitation *(Scientia,* 1-VII, 1914).

LORENZELLI. Philosophiæ theoreticæ institutiones secundum doctrinas Aristotelis et S. Thomæ Aquinatis. Romæ, Cuggiani, 1890.

MACH. La Mécanique. Paris, Hermann, 1904.

Maignan (Emmanuel). Philosophia sacra.
Malebranche. Recherches sur la vérité. Paris, 1674.
Mancini. Cosmologia. Romæ, Typ. polygl., 1898.
Mansion. Introduction à la physique aristotélicienne. Louvain, Institut supérieur de Philosophie, 1913.
Manville. Les découvertes modernes en physique. Paris, Hermann, 1909.
Martin. Philosophie spiritualiste de la nature. Paris, 1849.
Mercier. Psychologie. Louvain, 1912.
— Métaphysique générale. Louvain, 1910.
— L'unité et le nombre d'après saint Thomas *(Revue Néo-scolastique,* août 1901).
Meyer (Lothar). Les théories modernes de la chimie. Paris, Carré, 1887.
Meyerson. Identité et réalité. Paris, Alcan, 1912.
— La matière première et l'étendue.
Mielle. De substantiæ corporalis vi et ratione. Lingonis, Rallet-Bideaud, 1894.
Milhaud. A propos de la notion de limite en mathématiques. *(Revue philosophique,* juillet 1891).
Minjon. Das Wesen der Quantität *(Jahrbuch für Philosophie und spekulative Theologie,* 14. Jahrgang).
Mitschelitsch. Atomismus, Hylemorphismus und Naturwissenschaft. Graz, 1897.
Mouchot. La réforme cartésienne étendue aux diverses branches des mathématiques. Paris, 1898.
Moureau. Détermination des poids moléculaires. Paris, Carré, 1899.
Mouret. La notion mathématique de quantité *(Revue philosophique,* 1897).
— Le problème d'Achille *(Revue philosophique,* 1892).
— Force et masse *(Annales de philosophie chrétienne,* t. 21).
Nernst. Traité de chimie générale. Paris, Hermann, 1911-1912.
Ostwald. L'énergie. Paris, Alcan, 1910.
— L'évolution d'une science, la chimie. Paris, Flammarion, 1909.
— Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig, Veit, 1902.
— Abrégé de chimie générale. Paris, Carré, 1893.
Palagyi. Die Relativitätstheorie in der modern Physik. Berlin, Reimer, 1914.
Palmieri. Cosmologia. Romæ, Typ. della pace, 1874.

PERRIN. Traité de chimie physique. Paris, Gauthier-Villars, 1903.
— Les atomes. Paris, Alcan, 1914.
— Les preuves de la réalité moléculaire (*Les idées modernes sur la constitution de la matière*. Paris, Gauthier-Villars, 1913).
PESCH. Institutiones philosophiæ naturalis. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1897.
PICARD. La Science moderne et son état actuel. Paris, Flammarion, 1909.
PLATON. Œuvres complètes. Paris, Charpentier, 1892.
POINCARÉ (H.). Science et méthode. Paris, Flammarion, 1909.
— La science et l'hypothèse. Paris, Flammarion, 1904.
— La valeur de la science. Paris, Flammarion, 1908.
POINCARÉ (L.). La physique moderne, son évolution. Paris, Flammarion, 1909.
POISSON. Traité de mécanique. Paris, 1833.
PROUMEN. La matière, l'éther, l'électricité. Paris, Desforges, 1909.
RAMSAY. La chimie moderne. Paris, Gauthier-Villars, 1909.
REINSTADLER. Elementa philosophiæ scholasticæ. Friburgi Brisgoviæ, Herder, 1904.
REMER. Summa prælectionum philosophiæ scholasticæ. Prati, Giachetti, 1900.
REY. La théorie de la physique chez les physiciens contemporains. Paris, Alcan, 1907.
— Les idées directrices de la mécanique rationnelle (*Revue philosophique*, avril 1912).
REYCHLER. Les théories physico-chimiques. Bruxelles, Lamertin, 1903.
RIGHI. La théorie moderne des phénomènes physiques, radioactivité, ions, électrons. Paris, « L'éclairage électrique », 1906.
RIVAUD. Le problème du devenir et la notion de matière dans la philosophie grecque. Paris, Alcan, 1906.
ROSNY. La contingence et la détermination (*Revue du Mois*, janvier 1914).
SANSEVERINO. Philosophia christiana, Cosmologia. Neapoli, Manfredi, 1862.
SCHAAF. Institutiones cosmologicæ. Romæ, 1907.
SCHIFFINI. Disputationes metaphysicæ specialis. Augustæ Taurinorum, Speirani, 1887.

SCHMÖLLER. Die scholastische Lehre von Materie und Form. Passau, Passavia, 1903.

SCHNEID. Naturphilosophie im Geiste des heiligen Thomas von Aquin. Paderborn, Schöningh, 1890.

SCHOPENHAUER. Die Welt als Wille und Vorstellung. Sämmtliche Werke. Leipzig, Grisebach, 1892.

SCOTUS. Libri Sententiarum. — Libri Distinctionum.

SECCHI. Unité des forces physiques. Paris, Savy, 1869.

SENTER. Chimie générale et chimie physique *(Les progrès de la chimie en 1912*. Paris, Hermann, 1913).

SODDY. *(Scientia,* 1913).

SPENCER. Les premiers principes. Paris, Schleicher, 1902.

STALLO. La physique moderne. Paris, Alcan, 1884.

SUAREZ. Disputationes Metaphysicæ.

— De anima.

SWARTS. Précis de chimie... exposée au point de vue des théories modernes, 3e éd. Gand, Hoste.

THOMAS (S.). Summa theologica.

— Summa contra gentes.

— In libros Metaphysicorum.

— In libros Physicorum.

— Opuscula : De natura materiæ. De mixtione elementorum. De pluralitate formarum. De ente et essentia. De principio individuationis. De quatuor oppositis. De unitate intellectus. In Boetium De Trinitate. Logicæ summa. Quodlibeta.

— Quæstiones disputatæ.

TOLETUS. Libri Physicorum. De generatione et corruptione.

UBAGHS. Du dynamisme considéré en lui-même. Louvain, 1852.

URABURU. Institutiones philosophicæ, Cosmologia. Vallisoleti, Typ. a Cuesta, 1892.

VAN DÉR WAALS. Le volume des molécules et le volume des atomes constituants *(Revue générale des Sciences,* 30 mars 1914).

VÉLAIN. Cours élémentaire de géologie statigraphique. Paris, Savy, 1887.

VIAL. Le problème de l'espace *(Revue des Sciences philosophiques et théologiques,* janvier 1914).

VIGNON. La notion de force. Paris, Société zoologique de France, 1900.

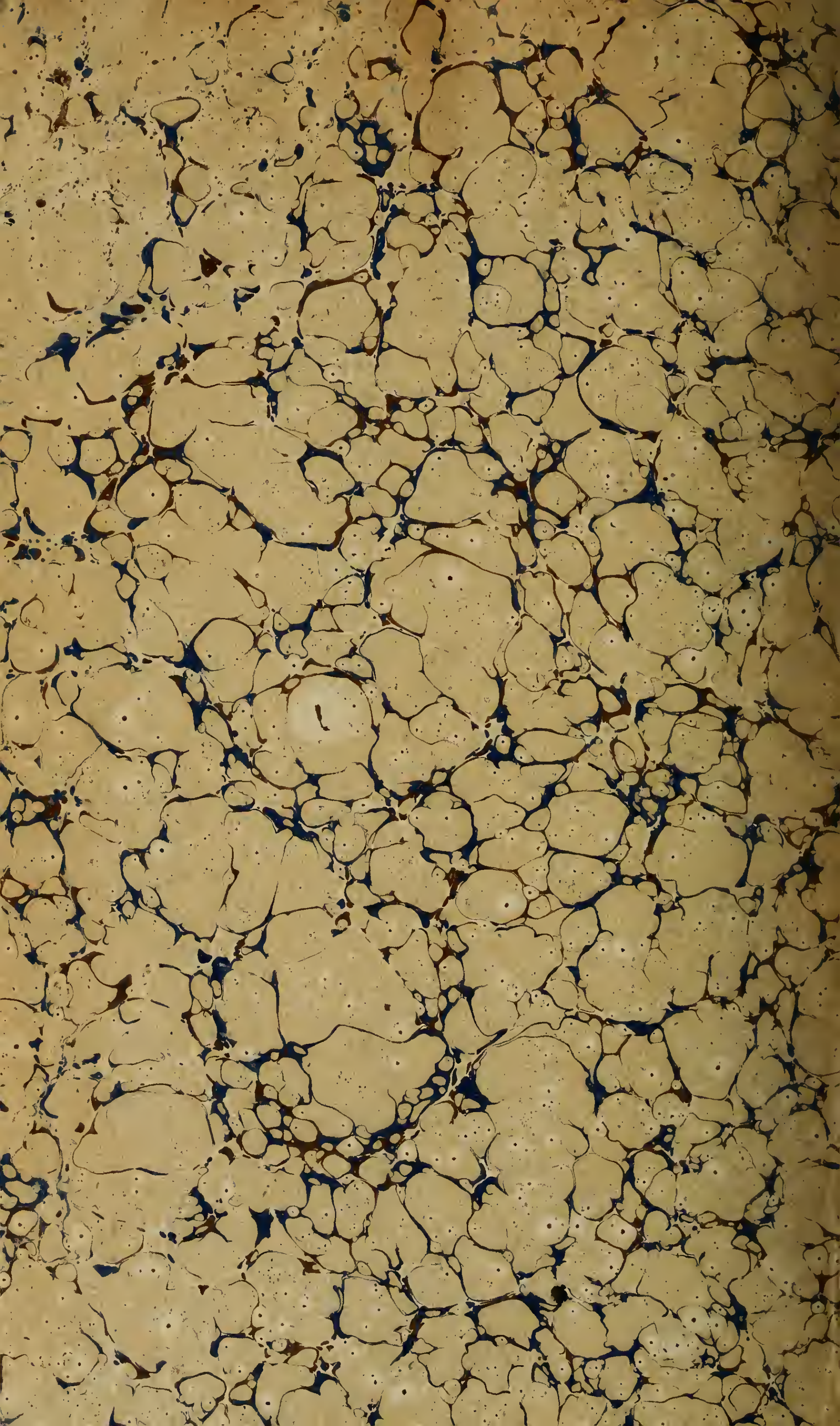
Willems. Institutiones philosophicæ. Treveris, Officium ad S. Paulinum, 1906.

Witasse. Tractatus De Eucharistia.

Wolf. Les hypothèses cosmogoniques. Examen des théories scientifiques modernes sur l'origine des mondes. Paris, Gauthier-Villars, 1886.

Zigliara. Cosmologia. Lyon, Briday, 1884.







Nys, Désiré
Cosmologie
BD
512
.N78



